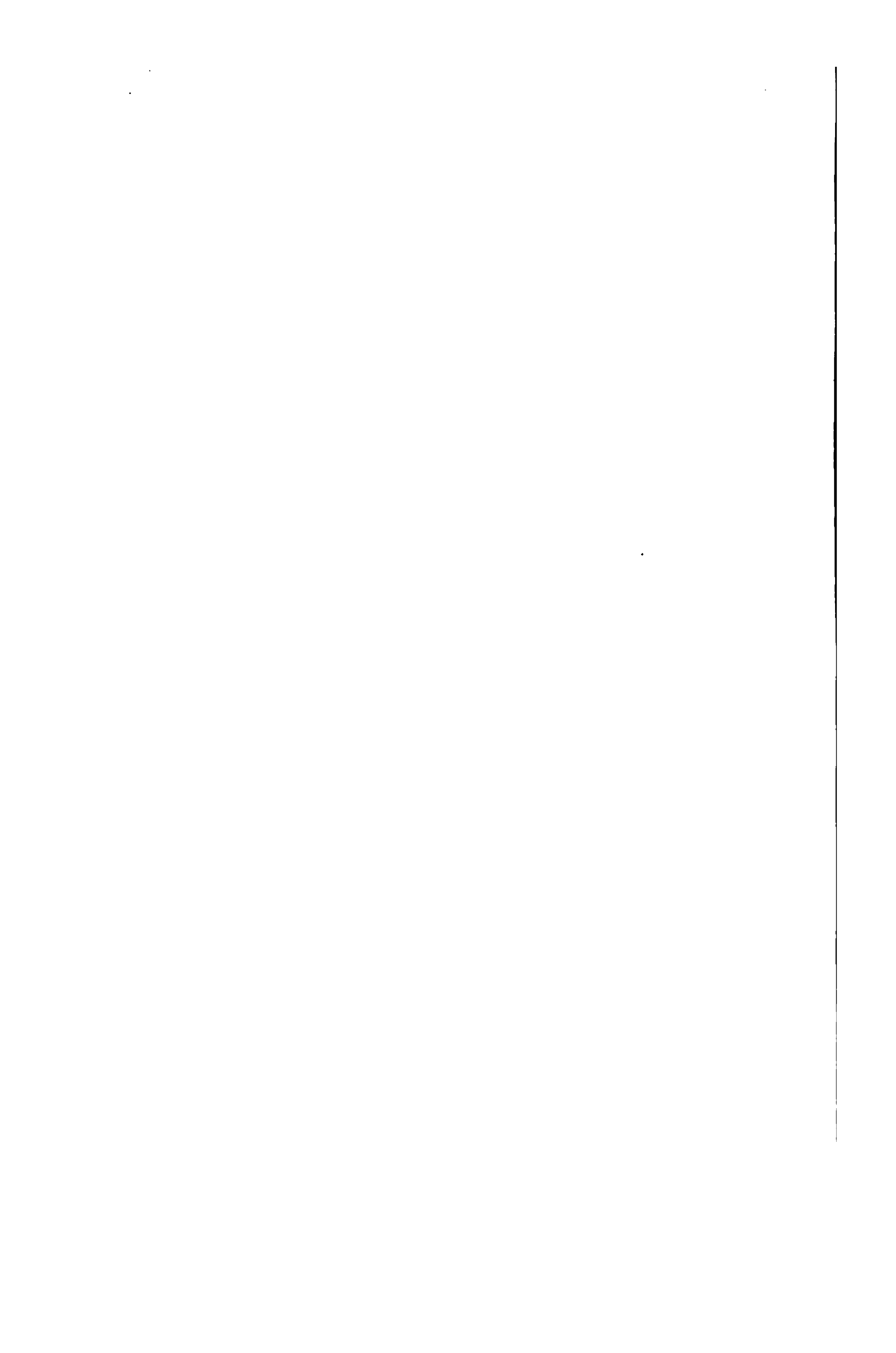
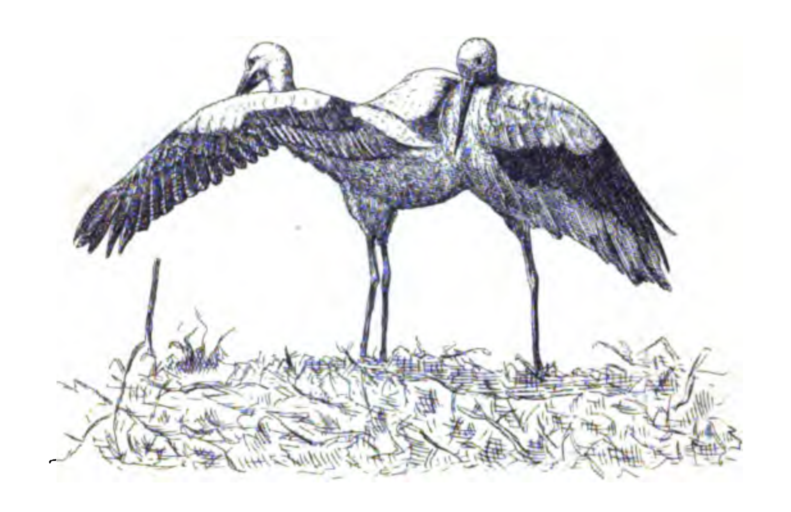
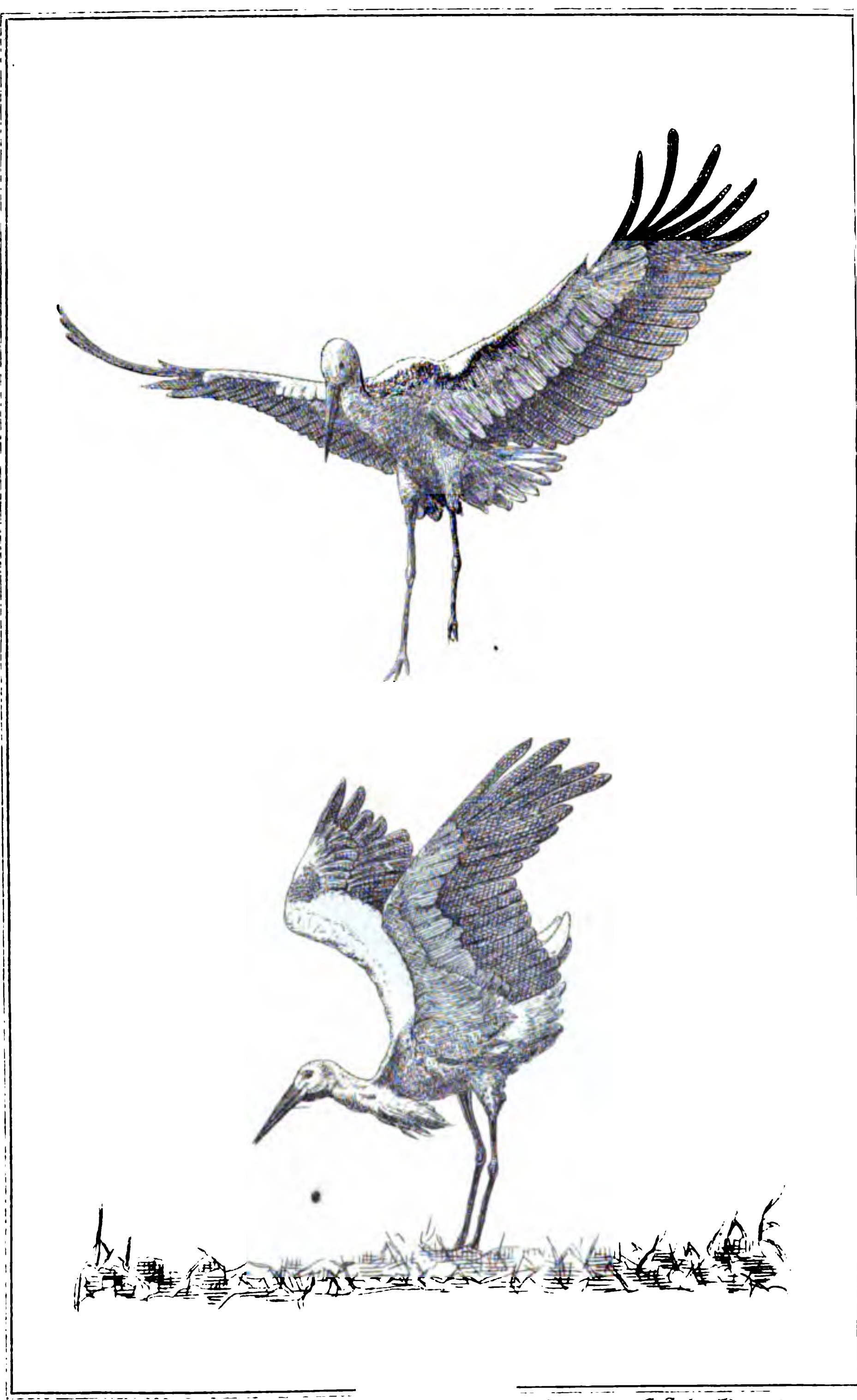










Lith. Anst. v. C. Stehr, Eberswalde.

Alexander Ziwet

Das Flugprincip.

Eine populär-wissenschaftliche Naturstudie

als

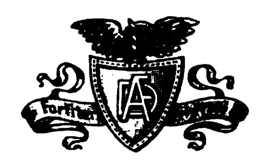
Grundlage zur Lösung des Flugproblems

von

Carl Buttenstedt.

Mit 6 Tafeln, enthaltend 50 lithographische Zeichnungen.

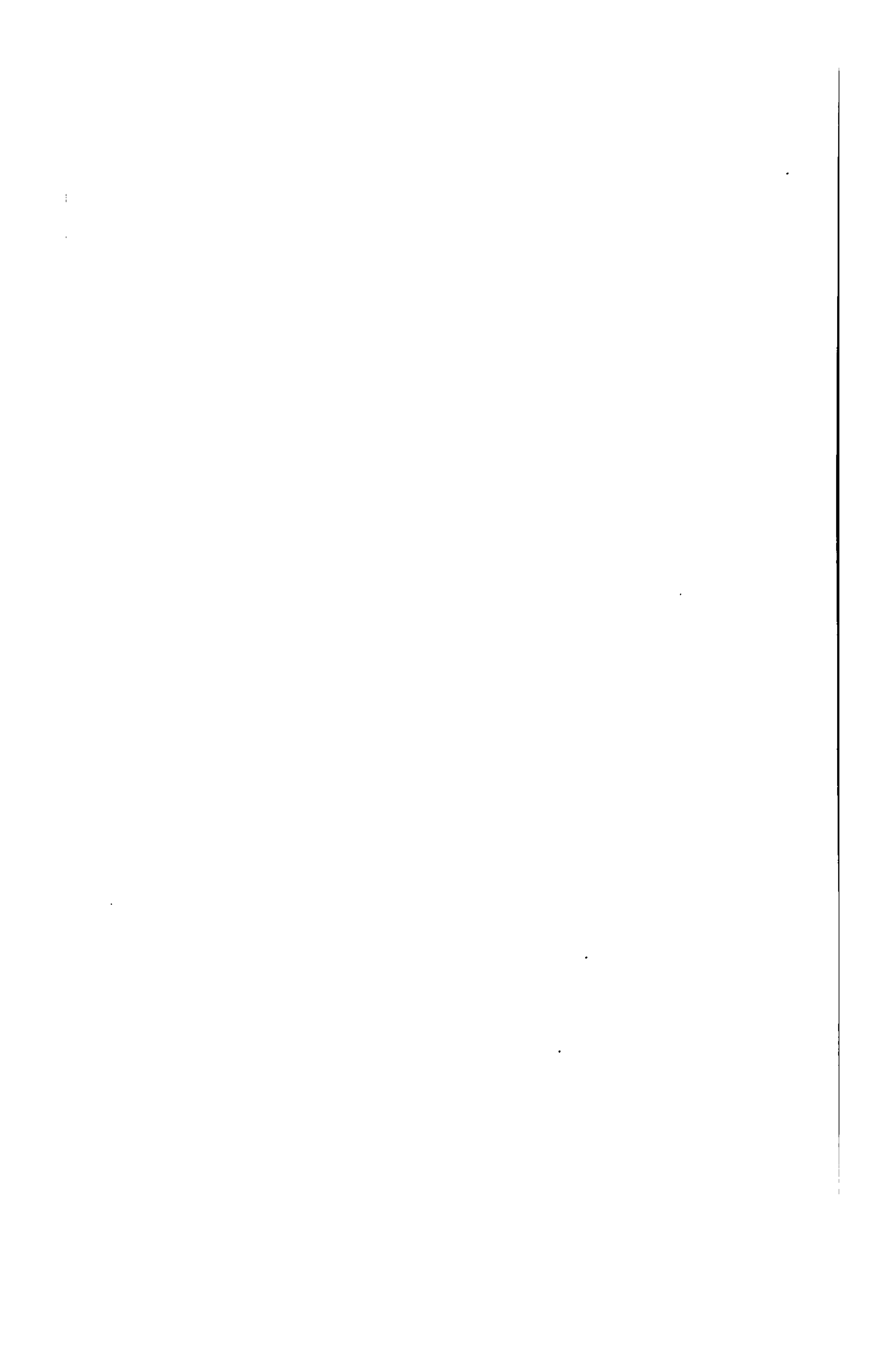
Zweite vermehrte Auflage.



Berlin 1893.
Verlag von Albert Friedländer's Druckerei
Kloster-Straße 64.

Carl Blankenburg's Druckerei, Kalkberge Rüdersdorf.

Register.



Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem die erste Auflage meines Werkes vergriffen ist, lasse ich die zweite, nur in unwesentlichen Theilen veränderte Auflage folgen.

Die meisten Zuschriften und Urtheile, die mir nach dem Erscheinen meines Werkes zu Gesicht kamen, lassen erkennen, daß erst ein Umschwung in der Anschauung über die Mechanik des Vogelfluges vor sich gehen muß, ehe mein Werk überall verstanden wird. Zu meiner Genugthuung vollzieht sich dieser Umschwung in wissenschaftlichen Fachkreisen immer mehr zu Gunsten meiner Theorie.

Während nach meinem Flugprincip zur Lösung des Flugproblems weder Wind noch Flügelschläge Bedingung sind, und der Elasticität ebener Flugflächen beim Schweben Wichtigkeit zugesprochen wird, war der Ingenieur O. Lilienthal, welcher Mitglied des Redactions-Ausschusses des wissenschaftlichen Vereins für Luftschifffahrt &c. ist und dem in der Regel die Sichtung derjenigen Manuscripte obliegt, welche jenem Verein zugesandt und in mechanischer Beziehung beurtheilt werden müssen, nach 23jähriger Zeit des Experimentirens und Forschens der, in seinem Werke ausgesprochenen Ansicht, in dem Hohlsein der Flugflächen das eigentliche Fluggeheimniß entdeckt zu haben, er maß dem Flügelschlage eine große Flugkraft bei, führte den aufsteigenden Wind in die Segeltheorie ein und behauptete mündlich, daß starre Flächen dasselbe leisteten, als elastische. Obgleich Herr Lilienthal meinen Vorschlag, mit mir in andere als die in seinem Werke vorzufindenden Versuche und zwar in die von mir begonnenen, immer erhöhteren Fall-Schwebeversuche einzutreten, er möge mir nur die Arbeitslöhne seiner Leute zum Selbstkostenpreise berechnen, ablehnte, stellte er solche Versuche allein an und erreichte nun zum ersten Male das, wonach er während langer 23 Jahre vergebens gestrebt hatte, — er schwebte nämlich ohne Flügelschlag 25 Meter weit, und bei seinem zweiten Versuch erreichte er sogar die achtfache Schwebeweite seines 10 Meter hohen Absprunges. Interessant ist es, zu verfolgen, wie der Umschwung der Lilienthal'schen Ansicht sich vollzieht, denn nach der genannten Zeitschrift vertritt Herr Otto Lilienthal heute die Ansicht, daß bei zunehmender Schwebegeschwindigkeit die Flügel immer weniger hohl sein dürfen, daß auch ohne Wind das Problem gelöst wird, daß Flugflächen für menschliche Zwecke sich gar nicht ohne elastische Durchbiegung herstellen lassen, und Flügelschläge, — die er in die Flugtechnik eingeführt haben will, macht er überhaupt bei seinen letzten Versuchen nicht. —

Es ist, wie gesagt, interessant, diesen Umschwung zu verfolgen, — meine Manuscripte hat O. Lilienthal trotz aller Bitten dreimal von der Veröffentlichung durch die Zeitschrift ausgeschlossen, einmal, weil meine Material-Spannungstheorie gegen die herrschenden mechanischen Gesetze verstoße, das andere

Mal, weil meine Abhandlung zu lang sei, und dann kommt er immer mehr selber mit den Ergebnissen heraus, die ihm bereits im März 1891 in meinen zurückgewiesenen Manuscripten vorgelegen haben. Sapienti sat! Seiner praktischen Versuche freue ich mich immer mehr, denn sie beweisen die Richtigkeit meiner Theorie.

Derselbe Umschwung scheint sich in der „wissenschaftlichen" Zeitschrift für Luftschiffahrt betreffs ihrer Stellungnahme zu meinem Flugprincip auch zu vollziehen. Im Heft 12, 1892 wurde ich noch mit Hohn und Spott wegen meiner aufgestellten Theorie überschüttet, und zwei Monate später beweist man wissenschaftlich die Richtigkeit meiner ganzen Theorie durch Herrn Eugen Kreiß' Abhandlungen. Mir geht darüber folgende Aeußerung zu, die ich dem Redacteur jener Zeitschrift, Herrn Dr. Kremser, der sich ja bemüht, möglichst objectiv zu sein, zur Einsichtnahme einreichte:

„Herrn Carl Buttenstedt in Rüdersdorf bei Berlin.

.... Ich freue mich, daß die Bewerthung Ihrer Bestrebungen in stetem Wachsen begriffen ist; was mich aber in wahres Erstaunen versetzte, war der Inhalt des Hauptartikels im letzten Hefte der „Luftschiffahrt", geschrieben von Kreiß. Ich fand darin sämmtliche Principien, welche Sie in Ihrem Buche an die Spitze der Flugtheorie stellen, wiederholt, bestätigt, bekräftigt und nachgewiesen. Nur hätte er Ihr Buch und denselben Autor nennen sollen, was ich fortwährend erwartet habe, was aber nicht geschehen ist, sollte er keine Kenntniß von dessen Existenz haben? ich bezweifle. Für Sie ist es jedoch und bleibt es eine große Genugthuung, denn, wie ich sage, es fehlt keiner der von Ihnen aufgestellten Grundsätze. ....

Neuhaus in Böhmen, den 21. März 1893. Dr. Karl Jicinsky."

Da Herr Eugen Kreiß bereits 1892 mein Werk bezogen hat und im Heft 1, 1893 genannter Zeitschrift sagt: „Ich bekenne mich zu dem Buttenstedt'schen Princip", so ist mir diese Arbeit nicht recht erklärlich.

Wenn ich in der ersten Auflage meinen Protektoren öffentlich meinen Dank abgestattet habe, so ist es hier meine Pflicht, dem Herrn Dr. Karl Jicinsky öffentlich meine Anerkennung dafür auszusprechen, daß er der einzige Mann ist, der aus idealer Auffassung der Frage der Luftschiffahrt sich freiwillig bei mir gemeldet hat, um sich an finanzieller Förderung der praktischen Lösung zu betheiligen und einen fond perdu dazu zur Verfügung zu stellen, — eine gewiß anerkennenswerthe Handlung in unserm materialistischen Zeitalter. Leider kann ich selbst mich nicht mit größeren Versuchen befassen und muß Andere damit betrauen, und dazu gehören größere Kapitalien, wie sie nur ein Krösus oder der Staat gewähren kann.

Ich gebe mich der Hoffnung hin, daß das Interesse für diese Lösung immer weiter um sich greift, und daß sich immer mehr wissenschaftliche Techniker der Sache so annehmen, wie dies Dr. G. van Muyden in der „Nationalzeitung" und dem „Prometheus" gethan hat, damit es endlich so weit kommt, daß etwas Praktisches für diese Frage gethan wird, auf deren Lösung wir uns sicher Alle freuen.

Rüdersdorf bei Berlin, den 1. Osterfeiertag 1893.

Carl Buttenstedt, Königl. Bergsekretär.

Einleitung.

Wie schon vor Jahrtausenden so steht der Mensch noch heute bewundernd still, wenn er einen jener Könige im Reich der Lüfte, einen ohne jeden Flügelschlag segelnden Raubvogel seine ruhigen, majestätischen Kreise im hohen Aether ziehen sieht, — ja, den Menschen ergreift heute umsomehr ein gerechtes Staunen über dieses mühelose Schwimmen segelnder Vögel im Luftocean, wenn er, als die erfindungsreiche Krone der Schöpfung mit all seinem Witz und Geist, mit denen er doch schon so Großes geschaffen hat, bisher nicht im Stande gewesen ist, es nur annähernd dem Vogel in der Luft gleichzuthun. —

Wie großartig sind doch im Laufe der Jahrtausende die Fortschritte der Culturmenschen! Vergleichen wir die Waffen unserer modernen Heere mit denen der uncultivirten Wilden, so sehen wir hier Feuerwaffen mit meilenweiter Schleuderkraft und Zerstörungsfähigkeit, und dort den bescheidenen Pfeil und Bogen des Alterthums mit einer nur nach wenigen Schritten zählenden Wirkung. Und welche Verkehrsmittel stehen uns den Wilden gegenüber zu Gebote! — welch gewaltiger Fortschritt liegt zwischen dem als Wasserfahrzeug ausgehöhlten Baumstamme, und den modernen schwimmenden Palästen, oder den gepanzerten, mit Dampfkraft durch Sturm und Wogendrang getriebenen, schwimmenden Festungen, Kriegsschiffe genannt! —

Welche Rüstzeuge der Maschinen-Industrie nehmen die Arbeitslast von Millionen von Menschen und Pferden auf sich! und welcher Unterschied liegt zwischen dem ersten hölzernen Transportkarren, den Stiere schwerfällig durch ungebahnte Wege zogen, und der mit Feuergewalt auf glatter Metallschiene die Welt wie auf geflügeltem Rad durchbrausenden Lokomotive? —

So sind wir in gleicher Weise auf allen Gebieten fortgeschritten. Welch bedeutenden Fortschritt müssen wir gemacht haben von der ersten, mit einem Dorn in ein Blatt geritzten Zeichnung bis heute, wo wir mittelst der Photographie die rasendste Hast des elektrischen Funkens im Gewittersturm, und die stillschreitenden Bahnen des All's der Sternenwelt in schweigender Dämmernacht erfassen! — Wir untersuchen durch die Wundersonde des Prisma's die fernen Welten auf ihre kleinsten Atome, und belauschen mit bewaffnetem Auge im Atom des Wassertropfens das Gewirre einer lebendigen Welt. Ja! wir haben den Blitz in unsere Dienste gestellt, welcher in Sekunden einen Gürtel unserer Worte und Gedanken um die Erde zieht, und es wird nicht mehr lange währen, dann wird die Modulation jedes Sprachorgans von einer zur anderen Hemisphäre hinübertönen, sind wir doch jetzt sogar schon so weit, durch Edison's ingeniösen Phonographen jedes Sprachorgan, jedes Tonwerk und jeden Laut zu photographiren und der Nachwelt zu erhalten. — —

So ist Alles, Alles von Stufe zu Stufe, von kleinen Anfängen ausgehend, zu immer größerer Vollkommenheit emporgestiegen, nur auf einem Gebiete ist noch kein Anfang gemacht und hier scheint die Natur sich nicht in die Karten gucken zu lassen, — das ist das Gebiet der vogelähnlichen Bewegung des Menschen im Luftmeer.

Wir überfahren und durchbohren Berge, überbrücken Sümpfe und Moräste, überspannen Flüsse und Meeresarme, legen Tunnels unter Fluthen hindurch, tauchen auf den Meeresgrund, durchfurchen das weite Meer mit Windeseile und überbieten hierin die Wasserbewohner; wir überholen auf der Erde mit unsern Eilmaschinen das flüchtigste Landthier, — wir durchwühlen sicheren Weges die Eingeweide der Erde wie Maulwürfe, wir sind Herren auf und unter der Erde, auf und im Wasser, wir haben die Künste der Erd- und Wasser-Bewohner überholt, — nur der Vogel, der ohne Flügelarbeit sich mühelos und spielend in den Lüften wiegt und schaukelt, ist uns ein Brief mit sieben Siegeln, — wir

zwingen das Wasser und den Erdrücken, uns überall, wohin es möglich ist, hinzutragen, nur die Luftwelle spottet unserer Kunst und beugt den zarten Nacken unserm Joche noch nicht, und gaukelt uns, wie zum Hohne, durch ihre Luftbewohner täglich den Zauber des Dahinschwebens über Land und Meer vor. —

Und wie sehnlichst wird nicht der menschliche Flug erwartet? — Nicht der Liebeskranke seufzt allein: „O hätt' ich Flügel, könnt' ich fliegen!" oder „Wenn ich ein Vöglein wär', und auch zwei Flüglein hätt', flög' ich zu Dir." — sondern auch der Geistesfürst Göthe spricht für viele ernstdenkende Männer zur Sonne: „O daß kein Flügel mich vom Boden hebt, dir nach und immer nachzustreben!" oder

„Ach zu des Geistes Flügeln wird so leicht
Kein körperlicher Flügel sich gesellen.
Doch ist es Jedem eingeboren,
Daß sein Gefühl hinauf und vorwärts dringt,
Wenn über uns im blauen Raum verloren
Ihr schmetternd Lied die Lerche singt,
Wenn über schroffen Fichtenhöhen
Der Adler ausgebreitet schwebt,
Wenn über Flächen, über Seeen
Der Kranich nach der Heimath strebt."

So macht noch Henkel in seinem interessanten Vortrage über „Göthe in seinem ästhetisch-wissenschaftlichen Verhältniß zur Natur", im Beiblatt zur ‚Magdeburgischen Zeitung' auf die immer zunehmende Sehnsucht Göthe's aufmerksam, „wie die Segler der Lüfte fliegen, zum Lichte schweben, oder zum Ufer des ungemessenen Meeres hinziehen können."

Auch O. Lilienthal, der durch seine eigenartigen Dampfmaschinen bekannte Berliner Ingenieur, der sich seit 23 Jahren mit der Klärung des Flugproblems beschäftigt hat, läßt in seinem Werke „Der Vogelflug" den Storch sagen:

„O, sieh', welche Wonne hier oben uns blüht,
Wenn kreisend wir schweben im blauen Zenith,

Und unter uns dehnt sich gebreitet
Die herrliche, sonnenbeschienene Welt,
Umspannt vom erhabenen Himmelsgezelt,
An dem nur dein Blick uns begleitet!

Uns trägt das Gefieder; gehoben vom Wind
Die breiten, gewölbten Fittige sind;
Der Flug macht uns keine Beschwerde;
Kein Flügelschlag stört die erhabene Ruh'.
O, Mensch, dort im Staube, wann fliegest auch Du?
Wann löst sich dein Fuß von der Erde?

Die Macht des Verstandes, o, wend' sie nur an,
Es darf dich nicht hindern ein ewiger Bann;
Sie wird auch im Fluge dich tragen!
Es kann deines Schöpfers Wille nicht sein,
Dich, Ersten der Schöpfung, dem Staube zu weih'n,
Dir ewig den Flug zu versagen!"

Dem heißen Wunsche der Menschheit, den geraden Weg des Vogelflugs nachfliegen zu können, schien durch Erfindung des Luftballons entgegengekommen zu sein. Es hat sich aber nach hundertjährigem Versuche herausgestellt, daß der Mensch es nie so weit bringen wird, sich mit eigenen Kräften unter einem Ballon von der Herrschaft nur des mäßigsten Windes frei zu machen. Der Mensch im Ballon ist ein Sclave des leisesten Zephiers und ein Spielball der lindesten Lüftchen, ja, er hat die Herrschaft über sich verloren und ist dem Zufalle preisgegeben. Unsere Blicke richten sich daher wieder, wie vor dem Luftballon, der Nachahmung des Vogelfluges zu.

Dieser ist denn auch von allen Seiten auf das Eingehendste studirt und analysirt worden, es mögen hier nur die Namen Aristoteles, Archytas von Tarent, Lionardo da Vinci, Borelli, Zachariä, Pettigrew, Marey, Prechtl, Barthez, Kargl, Straßner, Mouillard, Müllenhoff, von Parseval, O. Lilienthal, Platte, Steiger und v. Miller-Hauenfels genannt sein, wovon besonders die Forscher der Neuzeit den menschlichen dynamischen Flug für durchaus möglich halten. Zu den Genannten tritt aber

noch Professor Pisko-Wien, welcher durch umfangreiches Studium des vorhandenen Materials der meisten Culturstaaten in dieser Beziehung zu der Ansicht gelangt ist, daß es nur noch an einer Kleinigkeit fehle, um das anscheinend Unmögliche möglich zu machen und von Seiten der Technik die theoretischen Forderungen zu erfüllen.

Daß dieser Zeitpunkt einmal eintreten wird, weisagt nicht nur die Bibel, indem sie von der Fahrt feuriger Wagen spricht, die gen Himmel ziehen, sondern wir finden verschiedene Prophezeiungen dieser Art in neuerer Zeit.

So sagt im Jahre 1788 Erasmus Darwin:

„Bald wird des Dampfes Kraft den flücht'gen Wagen
die Straß' entlang,
Die schlanke Barke durch die Wellen tragen
in sicherm Gang,
Ja! auf des Windes leicht bewegten Schwingen
durch's luft'ge Reich
Ein neu' Gefährt zum fernsten Ziele bringen,
dem Adler gleich!" —

Amerika's berühmtester Luftschiffer Wise sagt:

„Unsere Kinder werden einst mit großer Schnelligkeit „durch die Lüfte reisen ohne die Belästigung von Dampf, „Funken oder Seekrankheit!"

Der General-Postmeister Dr. Stephan meint:

„Wer wollte Angesichts so vieler wunderbarer und oft „ganz plötzlich gemachter Erfindungen verneinen, ob es „nicht in näherer oder fernerer Zukunft dem Menschen„geiste gelingen wird, Kräfte für Flugzwecke entsprechend „abzurichten, oder eine neue bisher noch schlummernde „Kraft zu entdecken, welche ohne besondere Zurichtung „allen bezüglichen Anforderungen genügt. — . . Jenes „Gefühl, von dem der Dichter singt: „„Doch ist es „Jedem eingeboren, daß er hinauf und immer vorwärts „dringt,"" wird nicht immer ein unerfülltes Sehnen „der Menschheit bleiben. Unsere Kinder werden seine

„schöne Verwirklichung erleben und der Früchte derselben „sich zur Vervollkommnung ihres Daseins erfreuen."

Bell Pettigrew sagt, daß wir einst mit einem dynamischen Flugapparat, der von Menschenwitz erdacht und von Menschenhand gemacht ist, die ätherischen Gefilde durcheilen werden; und den Eintritt dieser Epoche zu erleben, wer möchte das nicht? —

In Schorers Familienblatt Nr. 13 Jahrgang 1889 heißt es in den Ausführungen von O. Neumann-Hofer: „Wo ist das Leben. Eine astronomische Entdeckung! Der Mars ist sicherlich 5 Millionen Jahre älter als die Erde. Seine Bewohner haben also 5 Millionen Jahre länger Zeit gehabt, als wir, sich zu entwickeln. Wissen wir denn, was wir nach 5 Millionen Jahren sein werden?

Wir werden dann sicherlich ebenso fliegen können, als die Mars-Bewohner. . . . Zahllose Menschen schweben friedlich einher. Die Entfernung erlaubt nicht ihre Züge oder Kostüme zu erkennen. Aber mir scheint, sie haben entweder künstliche Flügel oder fliegende Gewänder. — Die erhabene Kultur des Mars zeigt uns, wie weit wir es noch bringen werden."

von Schweiger-Lerchenfeld deutet in seinem hervorragenden Werke „Das eiserne Jahrhundert", in dem er der Dampf-Arbeit geradezu peotisch-erbauende Worte voll Begeisterung und Kraft widmet, darauf hin, daß, wenn eine Vollkommenheit der Verkehrsmittel hier unten erreicht sei, die Fortsetzung in der Luft oben weiter erfolge. Sein Kapitel über die Flugmechanik schließt er mit den Worten, die ähnlich Professor Pisko äußert und aus denen hervorgeht, daß ihm noch etwas Entscheidendes in der Sache fehlt:

„Eines aber vermißt man in allen diesen Bestrebungen: den Eingriff eines genialen Geistes, wie er anderwärts auf den Gebieten menschlicher Thätigkeit zu allen Zeiten sich geltend machte. Eine momentane Errungenschaft, eine bahnbrechende Idee kann mit einem Schlage alle bisher mühsam angestellten Versuche und Anstrengungen über den Haufen werfen und einen neuen Fortbewegungs-Apparat zu

die Welt setzen, wie deren der menschliche Genius bereits mehrere in die Welt gesetzt hat.

Es wird also das elementare Auftreten eines solchen bahnbrechenden Genies auch auf dem Felde der Flugtechnik zu erwarten sein und der Menschheit dann eine neue, ingeniöse und großartige Erfindung zur Disposition stehen."

Soweit die Seherblicke und Weisagungen unserer eminentesten Köpfe auf diesem Gebiete. —

1. Allgemeines über den Flug.

Der Flug pflegt als die vornehmste Bewegungsart lebender Geschöpfe bezeichnet zu werden. Wie man aber jeden einzelnen Menschen an seinem Gange — häufig auf weite Entfernungen — erkennen kann, und wie sich jedes Landthier durch seine Fortbewegungsart von Thieren anderer Gattungen unterscheidet, so unterscheidet sich auch der Flug der Luftbewohner in den einzelnen Familien von einander. Die Flugbewegung zeichnet sich von den Bewegungen anderer Geschöpfe und von denen der Vögel auf dem Lande sehr vortheilhaft durch seine Schnelligkeit ab.

Es ist Thatsache, daß kein Vogel sein Körpergewicht so schnell auf den Beinen fortzutragen vermag als auf den Flügeln, sofern er überhaupt zum Fluge veranlagt ist; Laufvögel machen selbstverständlich Ausnahmen. Auch lehrt die Beobachtung, daß Vögel sogar auf Futterplätzen ganz kleine Strecken, die recht gut auf den Beinen zurückgelegt werden könnten, auf den Flügeln zurücklegen. Es muß somit das Hochhüpfen, Fliegen und Anlanden dem Vogel nicht so sauer werden, als auf den Beinen dieselbe Strecke zu laufen, denn auch Thiere suchen sich das Bequemste aus.

Ueber die Flugart der Vögel ist viel gestritten worden und doch kommt, im Grunde genommen, nicht so viel darauf an als man glaubt. Es lassen sich meiner Auffassung nach nur drei Flugarten streng von einander unterscheiden, und zwar:

1. Das Schweben oder Segeln — ein Flug ohne Flügel Schlag,
2. Der Flügelschlagflug, — den man bei den Vögeln welche in der Regel meist die äußeren Flügeltheile schlagend mit nach rückwärts bewegen — auch Ruderflug nennen könnte,
3. Der Schwirr- oder Flatterflug, welcher nur kleinen Vögeln eigen ist, und bei vielen Vögeln in einen Wellenflug übergeht, wie man dies bei den Sperlings-Vögeln wahrnimmt.*)

Dieser letzte Flug hebt sich insofern deutlich von andern Flugarten ab, als die Flügel während des aufsteigenden Astes der Flugwelle fest, wie die Brustflossen der Fische, an den Leib geschnellt werden, und somit der Vogel ohne jede tragende Flugfläche in der Luft fliegt.

Hierbei sei bemerkt, daß vor dem aufsteigenden Ast der Flugwelle nicht nur die entfalteten Flügel, sondern auch der ausgebreitete Schwanz auf die Luft aufprallen. Der Schwanz wird jedesmal ausgebreitet, wenn er thätig sein soll. Der ausgespannte Schwanz ist das Charakteristikum von Steißtheil-Arbeit; — dies ist wichtig bei Beurtheilung des Schwebeflugs.

Der Schwebeflug ist für uns der wichtigste, weil er nur den großen Vögeln eigen ist, die uns im Gewicht am nächsten kommen, daher der maßgebenste für uns sein wird. Das sanfte, schwebende Dahingleiten ist von jeher das Ideal aller Bewegungsformen gewesen, ist die poesievollste, Göttern und Engeln angedichtete, von Dichtern verherrlichte Art der Bewegung, welche von der Flugtechnik als das Nachahmungswürdigste ins Auge gefaßt wird.

Ueber das Wesen des Fluges herrschen noch vielfach unzutreffende Vorstellungen. Die Natur legt den Schwerpunkt der Flugwirkung nicht in den Hub, sondern in die Vorwärts-

*) Als einen Unterschied zwischen Ruderflug und Schwirr- oder Flatterflug möchte ich annehmen, daß man bei Ersterem die Flügelschläge noch deutlich zählen und mit den Augen verfolgen kann, beim Schwirrflug aber nicht.

Bewegung des Flugkörpers. Bell Pettigrew und Lilienthal sind der Meinung, daß das Wesen des Drachenfluges und das des Vogelfluges gleich sei, und daß die Schwerkraft des Vogels diesem beim Fluge das sei, was beim Drachen der Zug der Schnur ist. Dies ist nicht zutreffend, denn die Drachenschnur zieht gegen den Wind die Schwere senkrecht zur Erde, worauf bei der Flugflächenform noch näher eingegangen werden wird.

Die vier wichtigsten Elemente des Vogelflugs sind:

a) Hauptkräfte:
   1. Die unbewußte (passive) Muskelkraft,
   2. Die Schwerkraft des Vogelleibes,
b) die aus den beiden Hauptkräften entstehende Vermittlerin des Schwebens, als
   3. Die elastische Spannkraft der Flugflächen und
c) die Folge jener mit schrägen Flächen ausgerüsteten Spannkraft, als
   4. Der Wechsel der Luftsäule unter der Flugfläche.

Die Hilfskräfte des Vogels sind:

1. Die bewußte (aktive) Muskelthätigkeit,
   a) Flügelschläge,
   b) Vibrations-Bewegungen mit den Schwungfedertheilen der Flügel,
   c) Schraubenbewegungen mit dem Schwanze beim Schweben,
2. Die steigende Gleitkraft auf geneigter Fläche,
3. Der in der Flugrichtung strömende Wind, doch nur insofern, als er den Vogel schneller an's Ziel trägt als wenn er entgegengesetzt wehte.

2. Ueber die passive Muskelthätigkeit.

Die Kraft der Vögel ist bis auf Müllenhoff weit überschätzt, und auch hier sieht man deutlich, wohin theoretische Speculationen treiben können. Borelli schätzte die Flugkraft der Vögel für 10000 mal stärker als ihre Schwerkraft. Ein

anderer Forscher berechnete mathematisch genau, daß es einer Kraft von 7,7 Pferdestärken bedürfe, um einen Adler schwebend zu erhalten. Abgesehen davon, daß ein schwebender Vogel durchaus nicht den Eindruck macht, als ob er zu seinem schwimmenden Fluge dampfkraftähnliche Anstrengungen aufzuwenden hätte, so müßte man sich doch wohl sagen, daß der Vogel auf keinen Fall mehr Kraft aufzuwenden hat, sein Körpergewicht zu tragen, als es seine Schwere erheischt. Es ist ein bedeutender Irrthum, zu glauben, daß das Tragen des Vogelleibes in der Luft mehr Anstrengungen erfordere als auf der Erde. Der Vogel trägt in der Luft auf seinen Flügeln nur das absolute Gewicht wie seine Beine auf der Erde; ob der Vogel seine Flügel nun auf zwei Luftsäulen, auf zwei Stühlen oder Eisensäulen stützt, das bleibt sich für die Anstrengung der Flügel gleich, die Flügel tragen immer nur das Eigengewicht des Vogels.

Ein Vogel aber, der sich stehend auf den Beinen erhält, braucht sicher nicht mehr Kraft, als der Mensch, der sein Körpergewicht aufrecht auf den Beinen erhält. Warum sollte denn der Vogel mehr Kraft dazu gebrauchen als der Mensch? Und warum sollte der Vogel mehr Kraft gebrauchen, sein Eigengewicht in der Luft zu tragen als auf der Erde? — Daß der Vogel sein Eigengewicht noch f o r t trägt auf den Schwingen, ist eine Sache für sich. Hier handelt es sich nur darum, nachzuweisen, daß der Vogel, der sich durch fallschirmähnlichen Gebrauch seiner Schwingen am rapiden Falle verhindert und dadurch gleichmäßig sinkt, nicht mehr Kraft gebraucht, sein Körpergewicht hängend in seinen Fallschirm-Flächen zu erhalten, als wenn er sein Körpergewicht stehend auf den Beinen erhält. — Der Vogel, der von einer Höhe herabspringt und die Flügel r e g u n g s l o s ausbreitet, hat zunächst nur das Bestreben, sich am schnellen Falle zu hindern, also dem Fallgesetze entgegenzuwirken, und um diese Kraft dreht es sich hier; — diese Kraft kann nicht größer sein als diejenige, als wenn sich der Vogel oder der Mensch stehend auf den Beinen erhält. Denn, dieselbe Kraft, die unsere

Hüft-, Knie- und Fußgelenke gestreckt erhält, erhält auch die Flügelgelenke gestreckt, und so gut wir von einer Muskelanstrengung dabei nichts merken, so gut merkt auch der Vogel nichts, weil wir diese Kraft unbewußt ausüben. Diese Kraft ist die sogenannte Lebenskraft, die unbewußte Kraft, das Agens des Lebens, wie sie Freiherr von Wechmar nennt; Göthe würde diese passive Muskelthätigkeit, die eben nicht recht zum Bewußtsein gelangt, die Kraft der süßen Gewohnheit nennen. — Diese Kraft der süßen Gewohnheit ist nun auch von der Natur bestimmt, den Vogel auf den Schwingen zu tragen, d. h. sein Körpergewicht zwischen seinen Flügeln hängend zu erhalten, und diese unbewußte Kraft ist thätig, wenn wir einen Vogel in der Luft sehen, der seine Flügel regungslos ausgebreitet hält. Es ist hierbei ganz gleichgültig, ob der Vogel sinkt oder steigt, ob Windstille, Sturm oder Wirbel sind, — der Vogel bleibt seinen Schwingen stets eine constante Last, zwischen den Flügeln erhält den Vogel keine andere Kraft als seine eigene. Es mag der heftigste Sturm so günstig wirken wie er immer kann, er wird den Vogel nimmer in der Höhe erhalten können, wenn dieser seine Luftstützen, seine Flügel, einzieht.

Wie aber bei uns Menschen die aufgewandte Kraft erst zum Bewußtsein gelangt, wenn wir unsere Beine gehend bewegen, so gelangt auch erst beim Vogel die flügelschlagende Kraft, die aktive Flügelarbeit, zum Bewußtsein, — erst der Flügelschlag ist eine bewußte Muskelthätigkeit.

Das, was ich hier passive Muskelkraft genannt habe, ist die Tragkraft des Vogels, es ist diejenige Kraft, die dem rapiden Falle der Schwerkraft entgegenwirkt. Beim menschlichen Fluge, wo der Mensch unter Flugflächen hängt, wird diese große Tragkraft vom Material der Flugfläche geleistet. Zu dieser Tragkraft gehört nicht „Arbeit", sondern nur die Kraftart, wie sie der Stuhl leistet, auf den wir uns setzen und der uns trägt. Die Tragkraft des Stuhles hält Jahre vor; auch die Kraft des Flugmaterials bedarf keiner Speisung und keiner Ergänzung; — in dieser steten Tragkraft ruht der

Hauptantheil der Flugkraft, — der Grundpfeiler der Flugerhaltung. Denn diese Kraft ist in freier Luft stets vorhanden, so lange noch Fallhöhe vorhanden ist, — und gerade hierin liegt ein Beweis des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft. Das ist ein Ausspruch, den wohl mancher Theoretiker nicht gelten lassen möchte, aber in der Flugmechanik ist es dennoch so, und das wird jedenfalls ersprießliche Gesichtspunkte eröffnen. — Das ist einer der Punkte, in welchem die Mathematiker — z. B. Babinet — am meisten geirrt haben. Dieser Irrthum schwingt noch heute seine Geißel.

3. Die Schwere.

Die Natur hat sämmtlichen Fluggeschöpfen eine größere Schwere verliehen als derjenigen Luftmasse, welche durch ihr Körpervolumen verdrängt wird. Selbst die zarteste Mücke ist schwerer als die Luft und fällt ohne Flügelarbeit zur Erde. Die Natur muß daher zur leichten Erzielung des Fluges die Wirkung der Schwerkraft für erforderlich gehalten, sonst würde sie sicher Mittel und Wege gefunden haben, die Flugkörper leichter als die Luft zu construiren. Ich habe in den einschlägigen Werken nur eine einzige Notiz gefunden, daß ein Thier durch Einpumpen von Luft seinen Körper wie einen Ballon aufzublähen vermag, dies ist unter den Fledermäusen die Hohlnase (Nycteris Geoffr). Ob dies dem Thiere eine Erleichterung während des Fluges ist, oder ob dies überhaupt während des Fluges geschieht, darüber habe ich nichts gefunden.

Es steht also fest, daß jedes Fluggeschöpf schwerer ist als die Luft und somit von vornherein in freier Luft eine Bewegung nach dem Mittelpunkte der Erde zu hat. Es ist vorläufig ganz gleich, wohin die Richtung dieser Bewegung geht, es mag genügen, daß diese Bewegung, diese in Bewegung übergegangene Schwerkraft vorhanden ist. Wenn aber diese Fallarbeit da ist, so muß sie auch einen Zweck haben und dieser Zweck ist nicht anders als zu Gunsten des Fluges zu deuten, und so muß die Natur auch Mittel und Wege gefunden haben, diese Arbeit zu Gunsten des Fluges zu verwerthen,

und so ist es denn auch Thatsache, daß die im Verhältniß zu ihren Flugflächen schwersten Vögel die schnellsten Flieger sind, nnd daß diese Flugkraft so lange anhält, bis der Vogel eine andere Stütze unter sich hat als die Luft.

Wir sehen somit, daß die Schwere des Körpers, die dem Land- und Wasserthiere ein Hemmniß der Bewegung ist, gerade dem Vogel der Impuls einer Bewegung wird, und wie dieser Impuls für den Flug verwerthet wird, werden wir in den folgenden Kapiteln sehen. An Sumpfvögeln, welche kurz nach dem Zuge über's Meer getödtet wurden, hat man gefunden, daß die Magen mit Steinchen gefüllt waren. Die Thiere sollen dies thun, um das Gefühl eines gefüllten Magens zu haben, also um dem Hungergefühl entgegenzuwirken. Es ist fraglich, ob sie es nicht auch deshalb thun, um ihr Körpergewicht zu erhöhen, da durch so gewaltige Flugleistungen über das Meer der Körper doch immerhin etwas an Gewicht verliert, — denn Schwere ist Flugkraft.

Diese Ansicht wird wohl bei den gelehrten Theoretikern auf Widerstand stoßen, doch die Natur des Fluges zeigt, daß es in der That nicht anders ist, und es ist wunderbar, der Natur hier in all ihren Umwandlungen zu folgen und inne zu werden, wie sie mit den denkbar einfachsten Kräften die möglichst größesten Effekte zu erzielen weiß.

Jede Schwere verfällt in freier Luft dem Fallgesetze, das heißt, die Schwerkraft verrichtet Fallarbeit, deren Energie, die zurückgelegten Fallräume, wie die ungeraden Zahlen von Secunde zu Secunde wächst, sodaß der fallende Körper in sehr kurzer Zeit auf der Erde ankommen muß. Diesem Fallgesetze ist auch der Vogelkörper unterworfen.

Da aber die Natur mit der wachsenden Kraft des freien Falles des Vogelkörpers für den Flug nichts anfangen kann, so mußte sie dieses Fallgesetz aufheben und umwandeln. Dies hat sie dadurch gethan, daß sie dem Vogel ein paar Fallschirme in seinen Flügeln verlieh. Diese Fallschirmflächen wirken mit ihrer größesten Fläche dem Falle entgegen und verwandeln die Fallbewegung in ein gleichmäßiges, langsames Sinken der

Schwere; es erfolgt also beinahe eine Aufhebung der Schwerkraft durch die entgegenwirkende Flugflächen-Kraft. Dieses langsame Sinken wird noch vermindert, sobald eine neue, geringe Bewegung in horizontaler Richtung auf den Flugkörper wirkt, und ist diese Horizontalkraft so stark, daß der Flugkörper horizontal schwebt, dann ist durch die geringe Horizontalkraft die wachsende Fall a r b e i t völlig in reine Schwer k r a f t, in Druckkraft, umgewandelt. Die Schwerkraft darf dem Fluge nur als wirkende Kraft, als Druck, nicht als wachsende Fallkraft dienen.

Am anschaulichsten läßt sich diese Kraftfrage an einem Flugapparat erläutern. Hängt oder setzt sich ein Mensch unter eine geeignete Fallschirmfläche, so wirkt die Schwerkraft nach unten und das Material der Fallschirmfläche leistet die Gegenkraft, hebt das Fallgesetz auf und trägt die volle Schwere langsam nach unten. Die Fallschirmfläche mag nun hinbewegt werden, wohin sie will, sie leistet überall die Tragkraft für die volle Schwere des Insassen, und diese Materialkraft, welche die volle Schwere des Menschen nur in derselben Weise zu tragen hat wie wenn ein Stuhl tagelang einen Menschen trägt, braucht während des ganzen Fluges keine Speisung und keine Ersatzkraft. Diese Tragkraft des Flugmaterials ist aber der größeste Theil der Flugkraft und braucht dennoch keinen Ersatz. Das, was wir zu ergänzen haben, ist nur die geringe Horizontal-Kraft, d. h. Horizontal-Arbeit.

Nach der hier niedergelegten Flugauffassung ist die Schwerkraft nur dazu da, in den elastischen Flugflächen eine dem Fluge günstige Spannkraft zu erzeugen und zu unterhalten; die Schwerkraft ist nur die Speisung der Flugkraft, nicht die direkte Flugkraft, — die Schwere wird durch Spannflugkraft fortgezogen, trotzdem die Schwerkraft erst die Spannkraft erzeugte.

Die Schwerkraft ist daher die Schöpferin der Flugkraft, daher das Wichtigste für den Flug; denn sie speist die Flugkraft auf der ganzen Fahrt mit so großer Energie, daß nur noch geringe Hülfskräfte zur völligen Erhaltung des Fluges nöthig sind. — Die Schwere ist die Seele des Fluges.

4. Das mechanische Princip des Fluges.

Bevor wir zur Besprechung des dritten Haupt-Elements des Fluges, zur Flügelspannkraft, übergehen, muß eine Hypothese des Fürstlich Reußischen Raths Schlotter vor allen anderen Erklärungen des Vogelflugs hier erwähnt und besprochen werden.

Herr Schlotter war der Meinung, daß sich der Vogelflug gar nicht anders erklären lasse als anzunehmen:

der Vogelkörper hätte eine **mechanische Flugbewegung**

und er war der Meinung, ein schwerer Körper sei in der Luft zu erhalten, wenn er kleine, oft wiederkehrende Stöße von unten erhielte. Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, konstruirte Schlotter einen Flugapparat kurz nach dem Feldzuge 1870/71 und suchte, unter Antritt des Beweises seiner Theorie, den preußischen Kriegsminister für seine Idee zu interessiren. Er wurde zunächst an den Professor von Helmholtz zur Prüfung seiner Ausführungen verwiesen, und außerdem wurde noch zur weiteren Prüfung — nach Schlotter's Mittheilungen — eine technische Commission niedergesetzt. Sowohl Herr von Helmholtz wie auch die technische Commission erklärten die Idee und Beweisführung Schlotters als mit den Naturgesetzen im Widerspruch stehend. —

Die rechnerische Beweisführung Schlotter's ist mit Recht verworfen worden, doch in der Annahme, der Flug gehe mechanisch, d. h. ohne direktes Zuthun des Vogels, vor sich, hat Schlotter entschieden Recht.

Mich so lange Jahre unentwegt mit der Lösung der Flugfrage in meinen Mußestunden beschäftigend, habe ich in Wald und Feld keine Gelegenheit vorübergehen lassen, die Luftbewohner im Fluge, schwimmend und auf der Erde gehend, zu beobachten und habe, ohne von Schlotter zu wissen, dessen Werkchen ich später kennen lernte, eine Reihe Beobachtungen gesammelt, aus denen zweifellos die statthabende Eigenbewegung der Vogelkörper hervorgeht, die aber von Schlotter nicht

erwähnt sind. Merkwürdigerweise führt Schlotter zum Beweise seiner Annahme nur eine einzige Beobachtung an, nämlich die, daß ein schwebender Raubvogel, der plötzlich auf einem Punkte in der Luft stillstehen wolle, sich flügelschlagend vorn etwas aufrichten und durch Flügelarbeit seine mechanische Flugbewegung aufhalten müsse. Ob Herrn Schlotter deutlichere Beweise von der mechanischen Flugbewegung entgangen sind, entzieht sich der Beurtheilung, es ist auch möglich, daß er der Meinung war, daß weitere Erhärtungen und Beweise für seine Annahme nicht nöthig seien.

So giebt uns zum Beispiel folgende Beobachtung eine Antwort auf verschiedene Fragen:

Bei einem heftigen Winde, der Laub, Geäst, Kopfbedeckungen, liegende Holz- und andere nicht niet- und nagelfeste Theile gewaltsam mit sich fortriß, beobachtete ich zu wiederholten Malen große und kleinere Raubvögel, welche mit regungslos ausgebreiteten horizontal lagernden Flügeln auf einem Punkte in der Luft ohne zu sinken oder zu steigen, ohne Rückwärts- oder Vorwärtsbewegung stillstanden.

Was hält den Vogel gegen die Kraft des Windes so minutenlang fest? — auch der Vogel in freier Luft ist nicht niet- und nagelfest und ist der Kraft des Windes ausgesetzt! — Nehmen wir an, der Wind habe eine secundliche Geschwindigkeit von 12 Metern, so fliegt die Luft an dem stillstehenden Vogel mit dieser Geschwindigkeit vorbei und wirkt mit dieser Gewalt gegen den Querschnitt des Vogelleibes und Flügels. Der Vogel hat von der Erde aus gesehen keinerlei Geschwindigkeit, aber in seiner ihn umgebenden Luft legt er 12 Meter in der Secunde zurück. Wo kommt diese Flugkraft her, da der Vogel doch keinerlei Flügelarbeit leistet? —

Es geht also aus dieser, auch von anderen Beobachtern bestätigten Thatsache hervor,

1. daß der Vogel ohne Flügelarbeit eine Flugbewegung hat,

2. daß **Flügelschläge nicht nöthig** sind, **um ein Sinken zu verhindern.**

Zweitens habe ich Raben bei demselben Winde beobachtet, daß sie sich, den Kopf gegen den Wind gerichtet, mit regungslos ausgebreiteten Schwingen in einer senkrechten Linie etwa 2 bis 5 Meter auf und ab bewegten und wie Mücken durcheinanderspielten.

Dasselbe habe ich bei einem großen Raubvogel beobachtet, welcher über Wilhelmsthal bei Eisenach schwebte, der zu meiner Verwunderung sich bedeutend steiler aufrichtete, als die Raben, und meiner Schätzung nach mindestens eine senkrechte Bahn von 15 Meter Länge mehrere Male passirte. Was die Bewegungsart für einen Zweck hat, ob sie auf Spielerei oder sonst Etwas hinausläuft, weiß ich nicht, aber bei Raben habe ich diese interessante Beobachtung sehr häufig gemacht, weil ich gerade diese Vogelgattung täglich vor Augen habe.

Diese Beobachtung zeigt deutlich:

1. daß der Vogel eine Flugbewegung im Medium hat, denn der Wind reißt ihn nicht aus der Senkrechten mit sich fort,
2. daß zum Heben des Vogels Flügelschläge nicht nöthig sind.

Drittens habe ich einen größeren Raubvogel beobachtet, und zwar im October 1885, an einem windstillen Tage, denn es standen sämmtliche Windmühlen der ganzen Umgegend still, auf den Bäumen schien sich kein Blatt zu rühren, und an den wenigen, leichten Wölkchen war kaum die Richtung eines Zuges bemerkbar; trotzdem begann der Vogel in einer Höhe von etwa 30 Metern zu kreisen, hielt die Flügel regungslos still, breitete den Schwanz weit aus und fing an zu steigen. Da ich den Vogel schon vorher 2 Minuten 22 Secunden lang, ohne daß er einen Flügelschlag gethan hätte, beobachtet hatte, so bat ich meinen Begleiter, doch so freundlich zu sein und nach der Uhr zu sehen und mit festzustellen, wie lange das Thier ohne Flügelschlag schweben würde. Zu unserer Verwunderung sahen wir den Segler immer höher und höher

steigen, ohne nur einen Flügelschlag zu thun; nach vollen 10 Minuten war das Thier so klein, daß wir die ununterbrochene Beobachtung aufgaben, weil wir Nervenreize in den Augen bekamen. Nach kurzer Zeit nahm der Vogel eine gestreckte Fluglinie an, aber gleichfalls ohne jede Flügelbewegung, denn man kann die zitternde, flimmernde Flügelarbeit auf sehr weite Entfernungen deutlich vom Schweben unterscheiden. Die letztgenommene Flugrichtung war etwa rechtwinklig zu dem leisen Wolkenzuge.

Obgleich ich ja keinerlei Flügelarbeit an dem beobachteten Vogel habe wahrnehmen können, so wollte es mir doch scheinen, als ob ich in dem Körper, der stets nach der Innenseite des Kreises geneigt war, eine gewisse Arbeit gewahren sollte. Dies schreibe ich der Ruder- oder Schrauben-Bewegung des Schwanzes zu, denn daß der Schwanz thätig sein mußte, geht unzweideutig daraus hervor, daß er weit ausgebreitet war, — unthätige Schweiftheile werden aber nicht ausgebreitet, sondern eingezogen.

Diese Wahrnehmung ist auch von andern Beobachtern bestätigt worden, welche gleichfalls hervorhoben, daß kein merklicher Wind geherrscht habe, aber der Vogel ohne Flügelschlag doch gestiegen sei.

In ähnlicher Weise beobachtete ich einen Storch (der sich nun auf die Flughülfe seines Schwanzes weniger verlassen kann), wie er bei herrschendem Winde aus seinem geradlinigen Flügelschlagfluge in eine spiralförmig-aufsteigende Flugbahn ohne jeden Flügelschlag überging, sich einige 100 Meter erhob und dann schwebend die erste Flugrichtung gegen den Wind wieder aufnahm. Er war während des Kreisens eine Strecke vom Winde mit zurückgetrieben, sodaß die ideale Achse seiner Flugspirale schräge lag.

Aus diesen Beobachtungen erhellt:

1. daß der Vogel ohne Flügelschlag — wie in den schon besprochenen Fällen — eine eigene Bewegung in horizontaler, sogar ansteigender Richtung hat,
2. daß Flügelschläge nicht das Haupterforderniß des Fluges sind, und

3. daß zur Hebung des Flugkörpers der Vögel Flügelschläge nicht Bedingung sind.

Ferner sieht man mit ausgebreiteten, regungslosen Flügeln keinen Vogel senkrecht fallen. Vögel, welche einen Ort, der senkrecht unter ihnen liegt, erreichen wollen, lassen sich in spiralförmig gewundener Bahn hernieder; die Thiere würden sicher den nächsten senkrechten Weg zum Ziele wählen, aber sie haben ohne ihr Zuthun eben eine horizontale Flugbewegung, die nur aufgehoben wird, wenn die Flügel eingezogen werden. Soviel ich auch speciell danach gesucht habe, einmal einen Fall zu beobachten, in welchem ein Vogel senkrecht mit ausgebreiteten Schwingen sinkt, ist dies mir niemals gelungen. Ein einziges Mal habe ich eine Sumpfweihe (Circus rufus L.) über einem Teiche beobachtet, welche sich senkrecht herniederließ, um einen todten Fisch zu greifen; dieses Herablassen geschah aber in Rüttelposition *unter sehr lebhaften Flügelschlägen*.

An der Thatsache, daß kein Vogel mit regungslos ausgebreiteten Schwingen senkrecht zu fallen vermag, selbst wenn es in seinem regsten Interesse liegt, sieht man deutlich, daß die Vorwärtsbewegung ihm häufig nicht erwünscht, aber eben eine *mechanische, d. h. eine Flugbewegung ohne sein direktes Zuthun* ist. Und aus der Thatsache, daß diese Flugbewegung aufhört, sobald der Vogel die Flügel einzieht, geht zweitens hervor, daß diese mechanische Flugbewegung nicht im *Flugkörper*, sondern in der *Flugfläche, in dem Flügel ruht*.

Ferner sieht man deutlich, daß schwebende und mit der Windrichtung ziehende Raben und Raubvögel viel schneller ziehen, als der neben ihnen ziehende Rauch aus Fabrikessen, der doch die Schnelligkeit des herrschenden Windes hat; die Schwebegeschwindigkeit solcher Vögel mit dem Winde ist so außerordentlich groß, daß sie auch dem Laien auffallend erscheint, und er sich sagen muß, der Vogel hat noch eine besondere Fluggeschwindigkeit auch ohne Flügelarbeit. —

Ferner schweben Vögel ohne Flügelschläge direkt gegen

ziemlich starken Wind. Wie wäre dies ohne eine mechanische Vorwärtsbewegung möglich?

Ferner sieht man Raubvögel 10, 15 bis 20 Minuten lang in gleicher Höhe schweben, ohne einen einzigen Flügelschlag zu thun, man sieht deutlich, daß sie immer ganz gleiche Kreise ziehn. In einem Falle hat ein Beobachter mit gut bewehrtem Auge (mit Fernrohr auf Stativ) ein Adlerpaar beobachtet, von dem ein Vogel erst nach 19 Minuten zum ersten Male die Flügel rührte und 40 Kreise vollendet hatte; der herrschende Wind hatte 3 Meter secundliche Geschwindigkeit, und ist weder ein Steigen und Sinken, noch eine große Geschwindigkeitsdifferenz mit oder gegen den Wind wahrgenommen worden.

Es sind dies so in die Augen springende Beweise von einer mechanischen, starken Flugkraft, daß man auf alle möglichen und unmöglichen Erklärungen so vorzüglicher Flugleistungen verfällt. So hat man sich für die soeben erwähnte Beobachtung eine Erklärung zu geben versucht durch die Annahme, es wirkten bei diesem Kreisen ein paar verschieden gerichtete Winde mit, in denen der Vogel abwechselnd bald oben, bald unten eintauche und sich die Geschwindigkeitsdifferenz beider Strömungen so zu Nutze mache, daß er beim Passiren beider Strömungen immer eine erhöhtere Geschwindigkeit erhielte als bei der Passage vorher. Diese Windtheorie der Doppelwind-Construction wollte ich wohl noch gelten lassen, wenn erwiesen wäre, daß solche hart übereinander liegenden Winde sich wirklich in der Natur finden lassen, ich habe mich aber vergebens gefragt, wo nach dieser Theorie die Winde zu suchen sind, die ihre lebendige Kraft den 1000 Fuß spiralförmig aufwärts kreisenden Vögeln leihen? — Hier ist doch ein abwechselndes Auf- und Abwärts-Eintauchen unmöglich! — Ich glaube doch wohl, wir müssen Angesichts so erdrückender Thatsachen, jede Windtheorie bei Seite lassen und der wirklich statthabenden mechanischen Flugbewegung den Löwenantheil der Flugarbeit zusprechen, denn was paßte wohl besser in die jähnende Lücke unserer Flugtheorie, als eine starke mechanische Flugkraft? —

Was ein Autor, Ingenieur O. Lilienthal, in dieser Beziehung äußert, erlaube ich mir hier anzuführen. Auf Seite 126 seines erwähnten interessanten Werkes heißt es:

„Die segelnden Vögel können nun aber nicht nur auf dem Winde ruhend in der Luft still stehen, wie wir dies häufig am Falken beobachten, wenn er Beute suchend weder sinkend noch steigend, weder rückwärts noch vorwärts gehend, fast unbeweglich die Erdoberfläche durchmustert, sondern sie bewegen sich auch segelnd gegen den Wind, nicht nur kreisend, sondern auch geradlinig. Oft bemerkten wir bei diesen zuletzt erwähnten Experimenten, wobei wir nach den das Segeln ermöglichenden Kraftwirkungen suchten, wie Raub- oder Sumpfvögel in segelndem Fluge hoch oben im Blauen über unseren Apparaten dem Winde entgegenschwebten. Unsere Messungen ließen uns nun zwar keinen Zweifel darüber, daß es Flugflächen giebt, welche im Winde senkrecht gehoben und nicht in der Windrichtung zurückgedrückt werden. Die Vögel belehrten uns aber darüber, daß es auch Flugflächen geben muß, welche wenigstens in höheren Luftregionen dem Winde segelnd entgegengezogen werden müssen, bei denen in der Ruhelage zur Erde also ein Winddruck auftreten muß, der nicht blos senkrecht steht, sondern noch etwas gegen den Wind ziehend wirkt, um den Luftwiderstand dauernd zu überwinden.

Diese Erscheinung ist erst recht nur aus einer aufsteigenden Windrichtung zu erklären."

Hierbei sei erläuternd bemerkt, daß Herr Lilienthal auf Grund seiner Messungen des Winddrucks gegen ebene und gewölbte Flächen der Meinung ist, die Hubkraft wie Triebkraft der Flügel liege in der unteren Concavität derselben; dies ist jedoch durchaus unzutreffend, wie bei Besprechung der Flugflächenform nachgewiesen werden soll.

Zweitens aber ist Lilienthal auf Grund von Messungen der Meinung, daß ein schräg aufsteigender Wind vorherrschend sei. Auch dies darf man wohl nicht zu streng nehmen, denn sonst müßte der Wind ja aus der Erde herauswehen! — er muß doch naturnothwendiger Weise erst einen Strich zur

Erde, also eine geneigte Richtung nehmen, ehe er von hier wieder ab- und in die Höhe gestoßen werden kann.

Auf Seite 130 und 131 heißt es:

„. . . Die von uns vielfältig ausgeführten Versuche zeigen, daß der Luftwiderstand gewölbter Flächen Eigenschaften besitzt, mit Hülfe deren ein wirkliches Segeln in der Luft sich ausführen läßt. Der segelnde Vogel, ein Drachen ohne Schnur, er existirt nicht blos in der Phantasie, sondern in der Wirklichkeit. . . . . und doch giebt es jetzt wohl schon viele Beobachter, die davon durchdrungen sind, daß hier in dem anstrengungslosen Segeln der Vögel eine allerdings höchst wunderbare aber doch unumstößliche Thatsache obwaltet."

Und weiter:

„Was sollen wir denn vom Falken sagen, der minutenlang unbeweglich im Winde steht?"

Endlich aber heißt es Seite 160:

„Wie schon erwähnt, müssen beim wirklichen Vogelflügel auch noch insofern günstigere Verhältnisse obwalten, als der Luftdruck noch eine kleine treibende Komponente erhalten muß, die nicht blos genügt, den Winddruck auf den Körper des Storches aufzuheben, sondern welche diesen Körper noch gegen den Wind treiben kann. Wir haben Störche beobachtet, welche ohne Flügelschlag und ohne zu sinken, auch ohne zu kreisen, mit wenigstens 10 Meter Geschwindigkeit gegen den Wind von 10 Metern anflogen. Der Körper dieser Störche erfuhr also einen Widerstand, der einer Geschwindigkeit von 20 Met. entsprach."

Wir sehen aus den Beobachtungen Lilienthals, daß die mechanische Flugbewegung, die horizontale Flugarbeit segelnder Vögel, ziemlich bedeutend sein muß.

Was nützt uns aber die Gewißheit einer mechanischen Flugbewegung, wenn wir nicht wissen, woher sie stammt und wie wir sie nachahmen sollen? — und gerade auf dieser Suche habe ich Jahre, Jahre lang zugebracht, weil ich mir sagte; mit der Lösung dieser Frage wird auch die Lösung des ganzen Flug-Problems gefunden sein. Ich hebe hervor, daß ich

meine Beobachtungen und Experimente in freier Luft gemacht habe, meine Anschauungen gründen sich daher mehr auf ungefesselte Experimente, weil ich glaubte, daß diese die sichersten Schlüsse zulassen. So konstruirte ich im Jahre 1872 einen flügelschlagenden Apparat in Taubengröße, der sich mehrere Sekunden auf einem Punkte frei in der Luft hielt. Zuerst schlug er stets rückwärts über, als ich dann den Schwerpunkt anders verlegte, gelang das Rütteln des Apparates und er fiel, nachdem die Federkraft abgelaufen war, diagonal nach vorwärts zur Erde. Die Flugflächen waren glatt, ohne jede Wölbung, und habe ich diese Form bei meinen späteren Fall-Experimenten auch beibehalten, da hohle Flächen nicht das Gleitvermögen zeigten.

Bei Joh. Heinrich Meyer in Braunschweig erscheint soeben ein Werk: „Die Vogelwarte Helgoland“ von Gätke, herausgegeben vom Professor Dr. Blasius, das schon seit Jahrzehnten von den Ornithologen aller Länder erwartet worden ist.

Nicht nur für die Ornithologen aller Länder, sondern auch für die Aeronauten aller Länder enthält dieses kostbare Werk die werthvollsten, vielfach geprüften und kontrolirten Beobachtungen, welche deutlich beweisen, daß wir mit unserer ganzen uns überkommenen Flugtheorie auf ganz verkehrtem Wege sind, indem wir annehmen, daß der Flügelschlag die Hauptsache des Fluges sei.

Da sich diese Beobachtungen, die sich mit denen von mir in der Abhandlung „Der eigentliche Flugmotor der Vögel von Werner“, Berlin 1888, Kühl, Jägerstr., und „Das mechanische Princip des Fluges“, Wien 1891, Hartlebens Stein der Weisen, Heft 19, niedergelegten, nicht nur decken, sondern theilweise darüber hinausgehen, und somit die von mir vertretene Flugtheorie um so treffender unterstützen, so glaube ich, nicht verfehlen zu sollen, diese Beobachtungen hier anzuführen.

Seite 27 heißt es:

„Mit welcher Beharrlichkeit oder besser Hartnäckigkeit die Flugrichtung der ziehenden Vögel eingehalten wird, auch dafür

liefern diese, vorherrschend niedrig ziehenden Krähen einen sehr schlagenden Beweis. Es geschieht nämlich während des Herbstzuges öfter, daß sie hier draußen in See in einen stärkeren Wind hineingerathen, als ihnen zusagend ist; hierzu gehört besonders ein heftiger Südost. Um der Unannehmlichkeit zu entgehen, daß dieser Wind ihnen schräg von hinten in das Gefieder wehe, wenden sie den Körper südwärts, anscheinend in dieser Richtung fliegend; dem ist aber nicht so: nicht die geringste Vorwärtsbewegung findet statt, sondern der Flug geht ebenso genau westwärts, und mit derselben Geschwindigkeit von statten, als ob die Vögel unter günstigen Umständen geradeaus, d. h. in der Achsenrichtung ihres Körpers sich dahin bewegten."

Diese Beobachtung, die ich auch bei Raben vielfach gemacht habe, habe ich nur angeführt, um an diesem seitlichen Laviren zu zeigen, daß das später geschilderte Aufwärtsschweben in senkrechter, ungebrochener Linie ohne Flügelarbeit auch weiter nichts ist, als ein Aufwärts-Laviren unter Zuhilfenahme von Eigenkräften mittelst Schwanzruder-Bewegungen.

Seite 48 heißt es:

„Fortgesetzte Beobachtungen zwingen mich zu der unabweislichen Annahme, daß den Vögeln irgend eine von dem Gebrauche ihrer äußeren Flugwerkzeuge unabhängige Schwebefähigkeit zu Gebote stehen müsse.

Schon bei dem Anblick großer Möven, die über dem Meere und zwar nicht nur im Sturme, sondern auch bei völliger Windstille in Höhen bis zu 600 Fuß stundenlang in jeder beliebigen Richtung und Wendung umherschweben, ohne die geringste Flügelbewegung zu machen, ist es unmöglich, den Gedanken zurückzudrängen, daß diese wunderbaren Flieger nicht über andere Mittel noch, als die mechanischen ihrer Schwingen zu verfügen haben sollten, um sich so andauernd und anscheinend mühelos schwebend erhalten zu können.

Diese Vermuthung steigert sich aber zur festen Ueberzeugung, wenn man, wie ich hier während so vieler Jahre, Bussarde in großer Zahl zum Wegzuge aufbrechen sieht. In einem

der letzten dieser Fälle schwebten z. B. die Vögel, Falco buteo, etwa 200 Fuß hoch über Helgoland. Absichtlich richtete ich meine Aufmerksamkeit ausschließlich auf einen derselben. Dieser stieg ohne Flügelbewegung höher und höher, in etwa 400 Fuß Erhebung machte er ein paar mal noch 2 bis 3 träge Flügelschläge, dann schwebte er aufwärts, ohne weiter die Schwingen zu regen. Der Wind war ganz schwach Südost, fast Windstille, der Himmel in Meilenhöhe mit einer leichten weißen Cirrusschicht ebenmäßig bedeckt, also so günstig wie möglich für derlei Beobachtungen. Die Körperlage des Vogels war etwa Süd-Süd-Ost, fast Süd; ohne die Achsenrichtung des Körpers, noch auch dessen horizontale Lage zu ändern, erreichte derselbe, senkrecht aufwärts schwebend, im Verlaufe einer Minute die Höhe von wenigstens 1000 Fuß, bewegungslos höher und höher steigend, bis er dem Blicke in der hellen mittägigen Atmosphäre entschwand und mit ihm in gleicher Weise zwanzig bis dreißig Vögel derselben Art.

Was das Eigenthümliche der Erscheinung so außerordentlich steigert und ganz besonders den Vergleich mit einem aufsteigenden Ballon hervorruft, ist, daß solche Vögel vollständig regungslos, stetig und rasch in ungebrochenen Linien zu Höhen aufschweben, in welche das Auge nicht mehr zu folgen vermag, welche in dem vorliegenden Falle also mindestens 12000 Fuß betragen würde.

Schon bei aufmerksamer Betrachtung des Fluges der vorher erwähnten großen Möven, wenn sie während Windstille stundenlang ohne Flügelbewegung in gleicher Höhe umherschweben, gelangt man zu der Ueberzeugung, daß die Fläche ihrer regungslos ausgestreckten Flügel allein nicht im Stande sein könne, fallschirmartig das Gewicht eines solchen Vogels vor dem Sinken zu bewahren; und wenn dies schon nicht sein kann, um wieviel weniger ist es da möglich, daß ein Aufwärtsschweben, gleich dem der obigen Bussarde, vermöge derselben unbeweglich gebreiteten Flügelfläche zu erreichen sein sollte. Siehe Weiteres hierüber bei Besprechung der Silbermöve Seite 570 u. f.

Es können Vögel wohl in einer Schraubenlinie aufwärts steigen, wenn sie durch kräftige, nach längeren oder kürzeren Zeitabschnitten wiederholte Flügelschläge eine gewisse Fluggeschwindigkeit unterhalten und vermöge derselben durch geringe Hebung des Vorderkörpers gleichsam an dem Widerstande der Luft aufwärts gleiten, wie dies durch einige die obigen Bussarde begleitende Thurmfalken thatsächlich geschah; es können auch Vögel, wie manche der kleinen Falkenarten, während des sogenannten Rüttelns, oder Lerchen während ihres Gesanges, durch schnelle, fast zitternde Flügelbewegung momentan an einem Punkte in der Höhe verweilen; keiner aber vermag unter alleiniger Hülfe seiner ausgebreiteten Flügel in stiller Atmosphäre sich dauernd in gleicher Höhe ruhig schwebend zu erhalten, geschweige denn aufwärts zu schweben.

Bei allen mir bekannten Versuchen der Erklärung des Vogelflugs geht man von dem Grundsatze aus, daß die Vögel entweder durch fortgesetzte schnellere oder langsamere Bewegungen ihrer Flügel, gleich den Armen eines im Wasser schwimmenden Menschen, sich sowohl schwebend erhalten, als auch vorwärts bewegen, oder aber, daß ein genügend starker Luftstrom herrsche, vermöge dessen sie ein Gleiches auch ohne fortgesetzte Bewegung der ausgebreiteten Flügel erreichten, daß aber ohne die eine oder die andere dieser Bedingungen ein Fliegen der Vögel unmöglich sei. Capitän Hutton sagt z. B.: „Ein Albatroß mit ausgebreiteten Flügeln, aber ohne Vorwärtsbewegung, würde bei völliger Windstille herunterfallen.“

Mit allen derartigen, auf mechanische Gesetze allein gestützten Erklärungen stehen meine, über ein langes Menschenleben sich erstreckenden, durch das für Form und Bewegung geschulte Auge des Künstlers unterstützten, und unter strengster Selbstkritik gemachten unablässigen Beobachtungen jedoch so vollständig im Widerspruch, daß ich nicht anders kann, als die Frage des Vogelfluges als eine zur Zeit noch völlig ungelöste und durchaus offene zu bezeichnen.“

Seite 66: „Bei einem Preisfliegen von Gent nach Rouen

legte eine Brieftaube in einer Stunde 25 geographische Meilen zurück.

Die Krähe hat eine Wandergeschwindigkeit von 27 geogr. Meilen in der Stunde, während das nordische Blaukehlchen eine solche von 55 Meilen hat. Der virginische Regenpfeifer legt in einem Fluge den Weg von Labrador bis Brasilien, also 800 Meilen, d. i. 53 Meilen per Stunde zurück."

Bei Nr. 358 „Silbermöve" heißt es dann noch:

„Von einer noch größeren Schönheit ist das Bild, wenn die ganze Schaar, momentan durch ein Boot in ihrem Treiben gestört, kreisend aufwärts gestiegen ist bis über die Höhe des Felsens, und dort in der sonnigen, stillen klaren Atmosphäre auf regungslos ausgebreiteten Fittichen treibend, ohne zu sinken, ohne zu steigen, in schönen Kreisen und Bogenlinien sich durch und um einander dreht, bis das Boot davongerudert ist.

Ich kann hier nicht umhin, nochmals meine durch nichts zu erschütternde, mit fortschreitender Beobachtung und unter strengster, gegen meine eigene Ansicht gerichteter Kritik, die stets sich mehr befestigende Ueberzeugung auszusprechen: daß diese Möven, sowie die Mehrzahl der Vögel, mit Eigenschaften und Fähigkeiten ausgestattet und begabt sein müssen, vermöge welcher sie die allgemeinen Gesetze der Schwerkraft nach Bedürfniß zu neutralisiren im Stande sind, ohne sich dabei der mechanischen Kräfte der Flügelbewegung zu bedienen, noch durch Luftströmungen darin unterstützt zu werden. Nicht allein können sie während Windstille geradeaus oder seitwärts mit ruhig ausgebreiteten Flügeln dahinschweben, sondern, wie bei den Bussarden des näheren besprochen, können sie auch in der ganz stillen Atmosphäre mit bewegungslos ausgebreiteten Flügeln zu beliebigen Höhen aufwärts schweben. Das in gleicher Ebene Schweben geschieht unter allen Wetterphasen, vom heftigsten Sturme bis zur vollständigsten Windstille, von reißend schnellster Vorwärts- oder Seitenbewegung bis zum langsamsten Dahingleiten, letzteres oft so langsam, daß die Ueberzeugung nicht zurückzudrängen ist: der Vogel müsse un-

bedingt über ungekannte Mittel verfügen, die sein Sinken verhindern, da sowohl der Flächeninhalt seiner Flügel, wie die nicht concave Form derselben offenbar zu unzureichend sind, um ihn fallschirmartig tragen zu können. Ich habe diese Beobachtungen während einer so langen Reihe von Jahren und tausendfältig unter so günstigen Bedingungen auf der Spitze der hiesigen Landungsbrücke, wo die Möven zu Hunderten mich in nächster Nähe umschwebten, machen können, daß jede Täuschung absolut ausgeschlossen ist. Es entbehrt ja die Natur dieser Erscheinung bisher jeder erklärenden Darlegung, aber ebenso ist es mit der verwandten, wenn auch in entgegengesetzter Weise sich äußernden Erscheinung des langsamen Versenkens (nicht Tauchens) des Körpers von Schwimmvögeln in die specifisch so viel schwerere Wassermasse — letzteren Vorgang kann man nicht in Abrede stellen, vermag ihn aber ebensowenig zu erklären, wie den entgegengesetzten des Aufschwebens des schwereren Vogelkörpers in der leichteren Atmosphäre.

Man hat mehrseitig die Vermuthung ausgesprochen, daß ein solches Aufwärtsschweben der Vögel mit bewegungslos ausgebreiteten Flügeln durch vibrirende Bewegungen der einzelnen Federn erzielt werde, ich kann aber in Folge von in nächster Nähe gemachten zahlreichen Beobachtungen auf das Bestimmteste versichern, daß derartige Bewegungen der einzelnen Federn nicht stattfinden. Ich sowohl, wie der leider jetzt auch verstorbene Aeuckens, haben, im sommerlichen Sonnenschein dicht am Rande des Felsens liegend, hundertfältig die alten Silbermöven, welche längs der Felswand flogen und unsere Gegenwart nicht ahnten, in der Nähe weniger Schritte von uns über den Felsrand aufschweben sehen, und zwar so nahe, daß uns die schwarze Pupille ihres klaren Auges ganz deutlich sichtbar war; wir haben aber niemals die geringste Spur der angeblichen vibrirenden Bewegung der Federn entdecken können, obgleich die Vögel so nahe waren, daß irgend etwas derartiges uns hätte sichtbar werden müssen.

Alles was vorzugehen schien, war, daß die Vögel beim

plötzlichen Erblicken eines Menschen in so unerwarteter Nähe ihr Gefieder etwas straffer anzogen, sonst aber ohne Flügelbewegung in der stillen klaren Luft ruhig, aber ziemlich schnell aufwärts schwebten.

Um zu einem sicheren Ergebniß zu gelangen, muß man von den Hunderten nach Nahrung umherschwärmenden Möven nur eine im Auge behalten; sie wird in mäßiger Schnelle über der Wasserfläche, worauf Fischabfälle treiben, mit ruhig ausgebreiteten Flügeln dahinstreichen, in größerem Bogen umkehren, um aufs neue die Fläche zu überfliegen; glaubt sie in einiger Entfernung einen Bissen zu erblicken, so wird sie sofort die Geschwindigkeit so sehr verringern, daß sie, in der Nähe des Gegenstandes angekommen, nur noch so langsam horizontal vorwärts gleitet, daß sie herunterfallen müßte, wenn sie nicht durch andere Mittel als die ihrer ruhig ausgebreiteten Flügel schwebend erhalten würde; sie wird derartig etwa 10 Schritte über ihre Beute hingleitend eine schnelle kurze Wendung machen und dann erst in schräger Richtung zum Gegenstande ihrer Aufmerksamkeit hinuntergleiten, und erst jetzt beim Aufnehmen desselben und während des nächsten Moments danach einige nicht zu starke Flügelschläge machen, worauf sie mit kleiner Wendung wieder zur vorigen Höhe, zehn bis zwanzig Fuß, aufsteigt, um ihren Schwebeflug aufs neue fortzusetzen.

Während schweren Sturmes schweben die großen Möven in Höhen bis zu wenigstens 1000 Fuß ebenso ruhig umher, wie bei der vollständigsten Windstille, ihr Verhalten ist auch dann ganz dasselbe; wie im ruhigsten Sonnenschein gleiten sie stundenlang mit horizontal ausgebreiteten Flügeln dahin, gleichviel, ob dem Winde entgegen oder mit demselben, ob geradeaus, ob seitwärts fliegend oder kreisend, nun ganz langsam hin und her schwebend, dann mit Sturmeseile einem fernen Ziele zustrebend, sehr oft auch fast minutenlang ruhig an einem Punkte verbleibend; dies letztere, wie alle Bewegungen und Wendungen, in horizontaler Körperlage und ebenso gebreiteten Flügeln ausführend.

Es ist ein großer Genuß, welchem ich so manche Stunde

obgelegen, dem Treiben dieser wunderbaren Flieger zuzuschauen — die ganze Vogelwelt bietet wohl kaum etwas anmuthigeres und graciöseres dar, als es der Schwebeflug dieser mehr denn schneeig weißen Geschöpfe ist."

Seite 596 Nr. 386. Großer Seetaucher. Colymbus Glacialis L. . . . Er ist jedoch ein sehr vorsichtiger Vogel, der sich der Gefahr fast immer rechtzeitig zu entziehen weiß und in Folge dessen nicht allzu oft erlegt wird.

Wie alle Tauchervögel die Fähigkeit besitzen, wenn hart verfolgt, den Körper so tief ins Wasser zu senken, daß dasselbe den Rücken überspült, so versteht es auch der große Seetaucher auf das meisterhafteste, sich solcher und anderer Künste zu bedienen und dem Jäger ein Schnippchen zu schlagen. Sobald derselbe Argwohn schöpft, senkt er den Körper fast ganz unter Wasser und schwimmt in dieser Weise in erstaunlicher Schnelligkeit davon; findet er sich aber ernstlich verfolgt, so ragt nur noch der Hals über Wasser und demnächst geht er zum Tauchen über, aber nicht etwa in der Weise, wie wenn er nach Nahrung mehr oder weniger senkrecht dem Meeresboden zustrebt, sondern er versinkt ohne weitere Bewegung, kaum eine wahrnehmbare Stelle auf dem Wasser zurücklassend, und schwimmt nunmehr unter der Oberfläche in horizontaler Richtung so schnell davon, daß zwei gewandte Ruderer in einem kleinen leichten Boote unter Aufbietung ihrer äußersten Kräfte ihm kaum einen Vorsprung abzugewinnen vermögen; der Vogel, dies wohl bemerkend, kommt nur noch auf einen kurzen Moment mit dem Kopfe über Wasser, um Luft zu schöpfen und gleichzeitig wieder zu verschwinden, dies erschöpft ihn aber so sehr, daß er schon mit weit aufgesperrtem Schnabel nach Luft schnappen muß; er sieht das Nutzlose dieses Fluchtverfahrens ein und versucht nunmehr List, welche darin besteht, daß er nicht mehr durch schnelles horizontales Schwimmen unter der Wasserfläche zu entrinnen sucht, sondern er biegt entweder unter Wasser in einem rechten Winkel zur Seite ab oder er taucht tief zum Meeresboden hinunter und läßt das Boot über sich dahingleiten. Manchmal gelingt die List, und während der Schütze

schußbereit gespannt vorwärts späht sehen die Ruderer plötzlich weit zurück den Vogel wieder auftauchen; der erfahrene Jäger erkennt jedoch meistens an der Art des Untertauchens, was der Vogel im Schilde führt, und rudert nur bis zur Stelle, wo derselbe verschwunden ist; dann heißt es aber aufpassen und schnell und sicher schießen können, denn der Vogel erscheint meistens ganz nahe beim Boote, oft nur wenige Schritte entfernt, und taucht auch im selben Moment wieder unter; fehlt man ihn, so ist's mit der Jagd vorbei, denn wenn man ihn überhaupt wieder zu Gesicht bekommt, so ist es sicherlich nur in 100—150 Schritt Entfernung und jede weitere Verfolgung bleibt nutzlos.

Das im Obigen geschilderte Thun und Treiben dieses Tauchers regt eine ebenso interessante und ebenso schwer zu beantwortende Frage an, wie es das Aufwärtsschweben mancher Vögel ohne Flügelschlag und ohne Luftströmung ist, dessen schon bei Behandlung der Bussarde und Möven eingehend gedacht worden ist. Diese letztere Erscheinung ist allerdings nicht mit den geltenden Gesetzen der Schwerkraft in Einklang zu bringen, nach welchen es möglich ist, daß der schwerere Körper sich in der leichteren Atmosphäre zu erheben vermag, und man hat daraufhin die Verläßlichkeit meiner Beobachtungen, die ich jedoch entschieden aufrecht halte, in Zweifel gezogen. Es bietet nun aber der gegenwärtige Fall eine verwandte, wenn auch in entgegengesetzter Weise sich vollziehende Erscheinung dar, die zu bekannt ist, als daß sie von einem Naturforscher oder Jäger in Abrede gestellt werden könnte, die aber ebensosehr den allgemeinen Gesetzen der Schwerkraft entgegensteht wie der Schwebeflug ohne Flügelschlag und ohne Luftströmung; es ist dies das beliebige und beliebig auszudehnende Versenken des leichteren Vogelkörpers in das so viel schwerere und dichtere Element des Wassers; das Volumen des Körpers des großen Seetauchers beträgt ungefähr einen Kubikfuß, und sein Gewicht 15 Pfund, das Gewicht eines Kubikfußes Seewasser ist dagegen über 60 Pfund, und dennoch versenkt der Taucher nicht allein ohne irgend wahrnehmbare Anstrengung

seinen so viel leichteren Körper in die schwere Wassermasse, sondern vermag andauernd unter der Wasserfläche zu verweilen, um in horizontaler Fortbewegung sich seiner Verfolgung zu entziehen. Es ist eine derartige Versenkung und horizontale Fortbewegung unter der Wasserfläche aber nicht zu verwechseln mit dem mehr oder weniger senkrechten Tauchen in die Tiefe, wie es der Vogel beim Aufsuchen seiner Nahrung befolgt; dies wird durch mechanische Thätigkeit erreicht, indem der Vogel sich fast senkrecht auf den Kopf stellt und durch kräftige, nach oben geführte Stöße seiner breiten Schwimmfüße seinen Körper hinuntertreibt — beide Thätigkeiten haben ebensowenig mit einander gemein, als der gewöhnliche durch mechanische Flügelbewegung erreichte Flug und der Schwebeflug auf bewegungslos ausgebreiteten Flügeln.

Es bedienen sich jedoch diese Taucher und andere ihnen verwandte Wasservögel der obigen Fähigkeit, ihren Körper unter Wasser sinken zu lassen und beliebig lange daselbst zurückzuhalten, nicht bloß für den Zweck sich einer Gefahr zu entziehen, sondern auch, wie ich Gelegenheit hatte zu beobachten, für Ueberlistung und Erlangung einer begehrten Beute. Von einem derartigen höchst interessanten Falle war ich vor längeren Jahren Zeuge im Zoologischen Garten zu Hamburg: auf einem nicht großen Teiche befand sich ein Kormoran, derselbe hatte den Körper und ganz eingezogenen Hals vollständig unter Wasser gesenkt, sodaß nur sein Kopf über demselben sichtbar war; so lag er regungslos da. Ich konnte mir nicht erklären, was der Vogel mit diesem außerordentlichen Gebahren im Schilde führe und beobachtete ihn aus einiger Entfernung. Es strichen ziemlich viel Schwalben in ihrer Weise ganz niedrig über die Wasserfläche dahin, und als eine derselben nichts Arges ahnend dem Kormoran ganz nahe vorbeihuschte, schnappte er, seinen Hals blitzschnell zur ganzen Länge hervorschießend, nach derselben; ein solcher Fehlgriff fand noch zweimal statt, worauf es dem Wegelagerer gelang, eine Schwalbe zu erhaschen, die er etwas im Wasser hin und her schüttelte und verschlang. Hierauf versenkte er

wieder den Körper wie zuvor und lag regungslos weiter auf der Lauer.

Es ist zu bemerken, daß der Teich in der Mitte, wo der Kormoran sich befand, etwa 4 Fuß tief und durchaus frei von Pflanzenwuchs war, so daß jede Möglichkeit eines Anhaltens mit den Füßen ausgeschlossen war.

Dies ruhige andauernde Schweben des im Vergleich zum Wasser fast korkleichten Vogelkörpers unter der Wasserfläche ist thatsächlich ein ebenso großes physikalisches Räthsel, wie das regungslose Schweben mancher anderer Vogelarten in der stillen fast gewichtslosen Atmosphäre. Die Zuverlässigkeit meiner Beobachtungen des letzteren Phänomens sind großen Anzweiflungen begegnet, daß die Mittheilungen betreffs der ersten Erscheinungen aber auf unanfechtbaren Thatsachen beruhen, wird jeder Jäger und Naturforscher, der jemals auf Taucher Jagd gemacht, bestätigen können."

Hieran möchte ich auf Grund meiner Fluganschauung einige Bemerkungen knüpfen.

Ein Aufsteigen von Vögeln ohne Flügelarbeit bei Windstille in senkrechter, ungebrochener Linie wie ein Ballon, ist unmöglich, wohl aber das Aufsteigen in Spiralwindungen unter Zuhülfenahme von Eigenkräften durch Schwanzrudern, Flügelsteuerung und Flügel-Einstellung ohne sichtbare Bewegung von Flügelarbeit. Gerade wenn ungenügender Wind ist, beginnt der Vogel ein Aufwärtskreisen, wenn er steigen will.

Alle Raubvögel mit gut ausgebildetem Schwanze, wie der Bussard Gätke's, vermögen schon bei leichtem Winde senkrecht wie Ballons aufzusteigen, wobei sie stets mit dem Schwanzrudern nachhelfen müssen, weil die Schwerkraft-Spannung in den Flügeln allein nicht ausreicht, ihre eigene Schwerkraft zu heben; das wäre ein Verstoß gegen das Gesetz der Erhaltung der Kraft, denn die Schwerkraft des Vogels kann nie mehr Spannkraft erzeugen, als sie selbst schwer ist, eine Kraft kann einer gleichwerthigen Kraft nur die Waage halten, sie aber nicht höher heben; und aus dem Winde kann der Vogel nur so

viel Kraft herauspressen als der Vogel gegenleisten kann. Ein Wind leistet — wie in anderen Kapiteln bemerkt — nur Kraft, wo Gegenkraft wirkt; daher kann der Vogel mit ruhig ausgebreiteten Flügeln die Windkraft beim Ansteigen und „Höhehalten“ nur ausnutzen, weil eben, wie ich nachweisen will, in dem ruhigen Flügel schon eine Gegenwirkung lebt und webt. Diese Gegenwirkung adirt mit der Arbeit des Schwanzruderns paßt der Vogel genau jedem Winde an, d. h. er richtet diese Kraftwirkung so ein, daß sie genau der Windstärke gleich ist, daß also der Wind ihn nicht mit sich fortreißen kann, und daher hebt sich der prächtige Bussard aufwärts in gerader Linie wie ein Ballon, aber nur nach denselben mechanischen Gesetzen, wie eine fliegende Fähre selbstthätig vom Wasserstrome hinüber und herüber getrieben wird. Auf diese Weise erreicht der Bussard mit viel weniger Kraftaufwand die Höhe, als sein Begleiter, der Thurmfalke, der ihn umkreist. Denn dieser scheint mit seinem Schwebevermögen nicht so gut beschlagen zu sein als sein größerer Raubgesell, und er begleitet diesen nur als Schmarotzer und frißt die Brosamen, die von des Herrn Tische fallen; denn ich glaube, daß diese Räuber in derselben Weise hinter den abziehenden Vogelschaaren herfliegen, wie der Walfisch den Heringszügen folgt. Jedenfalls hat der Thurmfalke nicht die schneidigen schlanken Flügel und auch nicht den schönen Steuerschwanz des Bussard. Aber hat es nicht den Anschein, als ob der Bussard auch etwas Mathematik studiert hätte? — denn woher weiß er denn, daß der kürzeste Weg zwischen 2 Punkten immer die „Gerade“ ist? —

Die Kraft-Oeconomie bei diesem Steigen ist beim Bussard darum günstiger, weil er mit regungslos ausgebreiteten Flügeln, die gegen den Wind gehalten werden, eine stets gleichmäßig wirkende Spannkraft zur Verfügung hat, während der ihn umkreisende Thurmfalke die Constanz dieser Flügelspannung immer beim Aufwärtsschlag der Flügel unterbrechen und diesen Verlust durch Arbeit der Muskeln des Flügels wieder ersetzen muß.

Da die Thiere auch, genau wie wir denkenden Menschen,

immer die bequemste Art ihrer Fortbewegung wählen, so ist die Gätke'sche Beobachtung ein schlagender Beweis für die günstige Wirkung der von mir nachgewiesenen Schwerkraft-Spannung im ruhig ausgestreckten Flügel, denn käme der Bussard thatsächlich besser weg, wenn er mit den Flügeln schlüge, dann schlüge er auch sicher damit.

Gerade diese Nebenbeobachtungen Gätke's kennzeichnen seinen Forscherblick und sind zum Beweise der Hinfälligkeit der bisher gültigen Flugtheorie von der durchschlagendsten Bedeutung, während die hier niedergelegte Flugtheorie keinen besseren Secundanten als Gätke hätte finden können, denn diese Gätkeschen Forschungen schaffen hier Licht durch Erhärtung meiner eigenen Beobachtungen. Doch nicht diese letzten Forschungen sind es allein, die für meine kleine Entdeckung der mechanischen Fortbewegung der Vögel auf horizontalen Schwingen sprechen, sondern die Controlirung des Vogelzuges zeigt uns, welche wunderbaren Schnelligkeiten wir einst in der Luft erreichen werden.

Wenn wir uns jene 800 geographische Meilen lange Reise des Regenpfeifers, die in 15 Stunden durcheilt werden, als eine Linie horizontal auf das Papier tragen und daneben jene Linie vertikal zeichnen, die derselbe Vogel senkrecht hochzufliegen vermag (und ich beobachtete, daß solchen Flug ein Sperling nicht einmal 11 Meter hoch fertig brachte), so muß uns hier sofort die große Gunst der horizontalen Schwingenlage auffallen. Man muß sich hier nur die Frage vorlegen: wie ist es möglich, daß ein Thier mit derselben Kraft, auf denselben Organen horizontal 800 Meilen und vertikal nicht 80 Meter, d. i. 1/75000stel der horizontalen Reise, zurücklegt? — Muß da nicht im horizontalen Flügel irgend ein Geheimniß ruhen? —

Wir müssen hier durchaus anfangen mit dem Umstande zu rechnen, daß man zum horizontalen Bewegen einer getragenen Last weit weniger Kraft gebraucht, als dieselbe Last zu heben, oder als sie ausübt, wenn sie sinkt.

Wenn ich eine Wassermasse 100 Meter hochhebe und lege

oben ein Wassergerinne mit ganz allmäligem Fall, sagen wir 5000 Meter weit an, so transportirt sich diese Masse durch ihre Schwere durch Abfließen eben so weit als Fall vorhanden ist, also 5000 Meter weit. Dort wird das Wasser wieder 100 Meter hoch gehoben und läuft von neuem 5000 Meter weit, u. s. w. -- ich schaffe auf diese Weise Wassermassen, Wagen oder Rutschkörper durch geringen Hub um ihre 50 bis mehrfache Hubhöhe weiter. Dies ist aber in erhöhtem Maße mit dem Vogelkörper der Fall, denn die elastischen schrägen Flächen seiner Schwungfedern sind das seichteste Gerinne was man sich denken kann, und man mag nur einmal Vögel beobachten, die von einer Höhe abspringen und zur Erde wollen, um klar zu werden, daß dies Gerinne um die hundertfache Höhe des Vogelabsprunges in die Weite zieht. Beim wirklichen Schweben bringt nun jeder Vogel schon kleine Höhenverluste durch Steuerkraft mit dem Schwanze oder Flügeldruck und Balancirkraft ein, um aufs neue aus 1 cm. Hub eine vielfache horizontale Bahn zu schlagen; — was der Vogel vertikal empfängt oder verliert, kommt ihm an horizontalem Raum hundertfach wieder ein. Er empfängt eine stehende Geldrolle von 100 Geldstücken, die eine Höhe von Handlänge haben, und giebt diese Stücke horizontal nebeneinandergelagert in langer Linie wieder aus, oder wie sich ein Anderer ausdrückt: ein als Knäul aufgewickelter Faden wird a b gewickelt, indem sein Durchmesser in L ä n g e verwandelt wird.

Und nur so ist es erklärlich, daß eine vertikal ausgeübte Flügelkraft in größere Summen horizontaler Transportkraft umgesetzt und der Vogelleib durch dieselben Kräfte 53 Meilen in der Stunde fortgetrieben wird, die nicht ausreichen, denselben Vogelleib nur Thurmhöhe hochzutragen, wenn der Flug vertikal stattfinden soll.

Dieses Einnehmen der großen Vertikal-Fallkraft und das Ausgeben derselben als kleine Horizontalschnellkraft besorgt, wie früher schon erwähnt, das elastische Material der Flügel; es wird durch geringes Sinken in der Horizontal-Spannung des Flügelmaterials eine Kraft erzeugt, welche hinreicht, dem

Vogelleib eine vielfache horizontale Bewegung von derjenigen Weite zu geben, die er gefallen ist. — Diese selbstthätige Regelung des Empfangens größerer Spannkraft, wie Eintheilens und Ausgebens derselben in kleinere Dosen horizontaler Schnellkraft, habe ich das „mechanische Princip des Fluges“ genannt

Was die Tauchexperimente Gätke'scher Beobachtung anlangt, so liegt nach meinen Beobachtungen an der Krickente oder wie diese kleine Entenart unserer Flüsse heißt, nur eine rein mechanische Wirkung auf den Vogelkörper vor. Diese Vögel tauchen mit dem Vorderkörper unter und breiten die Flügel etwa derart aus, daß der Vorderrand etwas tiefer als der Hinterrand liegt und schwimmen nun horizontal weiter, dadurch wird der Wasserdruck auf den oberen Flügeltheil verlegt und der Vogelleib drückt sich tief wie der Drache sich hoch begiebt, weil die Luft seine untere Fläche trifft.

Beim Taucher gehört eine ziemlich schnelle Bewegung dazu, um die niederdrückende Kraft herauszubekommen, darum sind auch diese Thiere nach solchen Anstrengungen immer völlig außer Athem. Der Kormoran auf der Schwalbenjagd hat wohl auf Baumwurzeln gesessen oder niederziehende Schwimm-Bewegungen gemacht, wie ich dies bei Enten beobachtete; die Wurzeln nehmen häufig die Farbe des Wassers an, darum sieht man sie nicht. Ein langsames Sinken von Tauchervögeln durch statische Kraft (Einsaugen von Wasser) ist kaum anzunehmen und übernatürliche Dinge giebts in der Mechanik wohl nicht. —

Herr T. F. J. Meyer aus Hambung schreibt mir in Folge der Lektüre meiner jüngsten Abhandlung auch seine ähnlichen Beobachtungen, die von guter Schulung des Auges und Denkens zeugen; und von diesen mir noch nicht bekannten Thatsachen will ich hier die folgenden mittheilen.

Herr Meyer schreibt:

„In Helgoland trifft der stürmische Westwind die Wände der Insel mit solcher Kraft, daß auf der Spitze der scharfkantigen in's Meer vorspringenden Felsen die waghalsigen Jungen der Eingeborenen sich in schiefer Linie über den Rand

hinaus lehnen, wobei sie durch den Winddruck vor dem Absturz bewahrt bleiben. —

Dagegen in den End- (Mitten-) Punkten der bogenförmigen tiefen Einbuchten findet etwas ganz anderes statt.

Dort kann beim stärksten Sturme einen Schritt zurück vom Abgrund eine Dame stehen, ohne den Wind zu spüren, — kaum bewegt sich auf ihrem Hute der Schleier! Woher kommt das?

In der großen Felsenbucht wird die Luft vom Sturme so comprimirt, daß sie mit ungeheurer Gewalt nach oben hinausschießt. Die zusammengepreßte Luft bildet, über den Felsrand hinaufstürzend, förmlich eine feste Mauer, durch welche der andringende Weststurm nicht hindurch kann. Eine Mauer von Wind als Schutz gegen den Sturm!"

Man sieht hieran, von welcher Kraft ein Luftzug werden kann, oder, was dasselbe sagen will, welchen Widerstand eine Fläche finden kann, die mit Windesschnelle über ruhige Luft hinbewegt wird; — solch einen Luftdruck, solch eine Luftmauer schafft sich jeder segelnde Vogel unter seinen Flügeln und der Flügelschlag erhöht noch den Widerstand dieser Luftmauer durch Eigenkraft. So wie die Windmauer senkrecht über den Felsrand hinaufschießt und eine feste Linie bildet, so schießt der Vogelflügel über die Luftsäulen hin und findet dadurch einen tragfähigen Untergrund, der ihn so trägt, wie den Buben von Helgoland der schräge Auftrieb des abgefangenen Windes.

Auf diese Weise schaffen wir uns nach und nach die schnellen Schienen, welche uns einst über alle irdischen Hindernisse hinwegtragen und uns Geschwindigkeiten, Verbindungen und Segnungen verleihen werden, von denen wir heute vielleicht kaum etwas ahnen.

5. Die Wirkungen des Luftdrucks auf Flugflächen.

Hier muß vorausgeschickt werden, daß unter einer Flugfläche nur solche Fläche verstanden werden kann, welche sich ungefesselt in freier Luft, d. h. frei in der Luft bewegt.

Herr Lilienthal vermuthet die räthselhafte Flugkraft im Vogelflügel, und zwar mit vollem Rechte, aber er glaubt auf Grund seiner eingehenden Versuche mit verschiedengeformten Flächen zu der Ueberzeugung gekommen zu sein, daß das Fluggeheimniß in der Concavität der unteren Flügelflächen ruhe.

„Um einen Vergleich anstellen zu können", schreibt Herr Lilienthal, „zwischen dem Luftwiderstand der ebenen und gewölbten Fläche, sind in vorstehenden Figuren (Fig. 1) zwei gleich große Flächen a b und c d im Querschnitt dargestellt, welche auch unter gleichen Neigungen, etwa von 15°, zum Horizont gelagert sind, vorausgesetzt, daß man bei der gewölbten Fläche die Verbindungslinie der Vorder- und Hinterkante, also die gerade Linie c d, als Richtung ansieht.

Wenn diese Flächen nun an einem Rotations-Apparat horizontal mit gleicher Geschwindigkeit durch ruhende Luft bewegt und gesondert auf ihren Widerstand untersucht werden, so erhält man die horizontalen Luftwiderstands-Komponenten o e und p f und die vertikalen Komponenten o g und p h, welche in richtigen Verhältnissen, wie sie sich aus den Versuchen ergaben, in den Figuren eingetragen sind.

Diese Komponenten geben nun durch Bildung der Resultanten die absolute Größe und Richtung der Luftwiderstände o i bei der ebenen und p k bei der gewölbten Fläche."

Hierzu sei bemerkt, daß nicht allein das Hubresultat der gewölbten Fläche, sondern auch eine treibende Komponente zu Gunsten der letzteren vorhanden ist, denn die Mittelkraftrichtung liegt hier vor der Normalen, während diejenige der ebenen Fläche hinter der Normalen liegt.

Diese ganze Untersuchung Lilienthals bestätigt die Richtigkeit der guten Wirkung der Poncelet'schen gewölbten Wasserschaufel-Räder und zugleich die Weisheit der Natur bei Construction der Vogelflügel, denn die gute Wirkung der ähnlich gewölbten Vogelflügel kommt den großen Vögeln beim Auffliegen von der Erde, beim Anlauf der Thiere mit ausgebreiteten Fittigen au'erordentlich zu statten; es fängt sich der Luftdruck unter der Höhlung der Flügel ganz vorzüglich, weil der Flügel, an dem auf der Erde laufenden Vogel gefesselt, in derselben Lage ist als die gewölbte, an den Apparat Lilienthal's gefesselte Fläche, denn in beiden Fällen kommt der Luftdruck von vorn, aber für den wirklich freien Flug nützt diese Wölbung gar nichts, denn die Wölbung ist da nicht vorhanden.

Bevor wir in der Besprechung über die gewölbten Fächen weiter gehn, sei die eigenthümliche Wirkung des Luftdrucks auf freie schräge Flächen erst besprochen.

Denken wir uns die Fallschirmfläche A der Fig. 2 so über den Korb B schräge angebracht, daß die Kante a etwas tiefer als b liegt und die verlängerte Sehne C abwärts geneigt ist. Es giebt sehr viel theoretische Projecte von Flugmaschinen, denen die Ansicht zu Grunde liegt, daß z. B. obiger Fallschirm nicht senkrecht, sondern in geneigter Bahn, etwa in der Linie C, herabgleiten würde. Das ist ein großer Irrthum, denn der Apparat thut keins von beiden, sondern er dreht sich im Zirkelschlage um die Gondel B und fällt direkt mit der am tiefsten gelegenen Kante zur Erde, so daß der Gondel-Insasse sicher sein kann, mit der Gondelseite auf der Erde anzukommen, wie dies in der punktirten Figur darzustellen versucht ist. Der Apparat mag so hoch fallen als möglich, der Luftdruck von unten dreht die Fläche stets so, daß die schmalste Projection der Fallschirmfläche sich dem Luftdrucke bietet, nicht die breiteste. Der Luftdruck duldet nur horizontal liegende Flächen über ihren Schwerpunkten, schräge Flächen wirft er sofort so um, daß sie ihm die ihm zunächst liegende schmale Kante zukehren.

Wir stehen hier vor demselben Gesetze, dem die Wetterfahne

oder der steigende Drache im Winde gehorcht; dasselbe Gesetz dreht die Windmühlen und treibt die segelnden Schiffe über das Meer, alle schrägen Flächen bekommen durch den Luftdruck eine Wirkung oder Bewegung nach der Seite des spitzen Einfallwinkels des Windstrahles, d. h. nach jener Richtung hin, wo diejenige Kante der schrägen Fläche liegt, die dem Luftdrucke am nächsten ist. Darum dreht sich der Windmühlenflügel stets nach der Seite herum, wo die dicken Längskanten der Flügel sind, weil die dem Winde am nächsten liegen. Aus demselben Grunde bewegt sich der steigende Drache mit der oberen Seite immer mehr dem Winde entgegen, weil diese eben dem Winde am nächsten ist.

Da eine Windmühle feststeht, und das Segel am schweren Schiffe befestigt ist, so kann der Wind sie nicht nach seinem Gefallen drehen und kann die schmalste Projection dieser schrägen Flächen sich nicht zudrehen. Anders verhält es sich mit der Wetterfahne und dem Drachen, zumal mit schwanzlosen Drachen.

Die etwa schrägstehende Wetterfahne wirft der Wind sofort in seinen Strich und hält sie so fest darin, daß stets die schmale Vorderkante ihm zugekehrt bleibt. Den Drachen hebt er so hoch, bis sich seine Druckkraft, welche bestrebt ist, den hinteren Theil des Drachen in dieselbe Horizontale wie den Vordertheil zu heben, mit der Zugkraft ausgleicht, welche er an dem flächenreichen Schwanztheile ausübt; erst wenn der Hubdruck durch den Rückdruck neutralisirt ist, dann steht der Drache still. Erst wenn man den Schwanz lostrennt, dann steigt er so hoch an dem Faden, bis er mit seiner ganzen Fläche in der Horizontalen liegt und der Wind sonach die erste schmale Kante sieht, — wenn man so sprechen darf. (Fig. 3.) Erst wenn die Fläche völlig horizontal im Windstriche liegt, ist der Wind befriedigt, und der Drache treibt nicht mehr gegen den Wind. Ob die Drachenfläche eben oder gewölbt ist, thut weiter nichts zur Sache, sobald die gewölbte Fläche ihre schmalste Vorderkante gezeigt und er die Hinterkante in dieselbe Horizontale

gelegt hat, dann ist der Wind, wie gesagt, zufrieden; der Winddruck will nur die schmalste Projection einer schrägen Fläche sehen; so lange er dies noch nicht erreicht hat, treibt er eine durch die Schnur gehaltene aber sonst bewegliche Fläche gegen sich, — hat er die schmale Projection hergestellt, dann hört sofort die Bewegung der Fläche gegen den Wind auf. Es ist falsch, wenn man glaubt, die Wölbung eines segelnden Vogelflügels triebe gegen den Wind, — die bloße Wölbung hat damit gar nichts zu thun.

Würde man aber statt des Drachenfadens ein Gewicht unter die schräge Fläche hängen und den Apparat gegen den Wind in der Höhe loslassen, so würde er mit dem Hintertheile sofort zuerst auf die Erde fallen, denn da die Schwere sofort nach unten strebt, so wird ein Luftdruck, also ein künstlicher Wind von unten nach oben erzeugt, und dieser wirft die entfernter liegende Flächenkante sofort hinter die ihm zunächst liegende Kante, sodaß die ganze Fläche im Windstriche liegt. In diesem Falle ist die Drachenfläche weiter nichts als eine freie Wetterfahne, aber kein Fallschirm.

Von der Richtigkeit dieser Ausführungen kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man ein Kinderspielzeug, einen kleinen Segelkahn mit gewölbtem, steifem Segel — etwa Vogelflügelform — nimmt und an einen Faden bindet, wie dies in Fig. 4 darzustellen versucht ist.

Wir haben es hier mit demselben Bilde zu thun, das wir im Drachen vor uns haben. Der Drache wird vom Winde im Zirkelschlage nach oben getrieben, das Schiffchen wird, am Punkt a festgebunden, im Zirkelschlage im Viertelkreise von einem Winde herumgetrieben, der von unserm Gesichte aus in das Segel blasen mag. Das Segel ist mit einer Längsseite am Mast befestigt und liegt damit näher am Winde, als die entgegengesetzte Seite. Die Folge davon ist, daß der Wind das Fahrzeug nach der Mastseite fortschiebt, also nach links herum. In der Stellung 1 treibt die breite schattirte Luftlinie das Segel bis in die Stellung 2, wo die Segelprojection nur noch etwa halb so groß ist als in 1; aber der Wind

läßt nicht nach, er schiebt so lange als er noch die geringste Segelprojection vor sich hat, schiebt daher das Schiffchen bis in die Stellung 3 und hält es hierin fest, weil er nur die Mastkante des Segels vor sich duldet. Von dem Augenblicke an, wo das Segel aufhört, dem Winde wirkliche Projection zu bieten, hört sofort auch die Bewegung des Fahrzeuges auf. Würde man nun das Schnur-Ende aus dem Haltepunkt a lösen, so triebe der Wind das Fahrzeug direkt in der Windlinie zurück. So lange aber der Faden im Punkte a befestigt ist, so lange bleibt auch das Schiffchen, vielleicht mit kleinen Schwankungen, in Stellung 3 und schlägt — wie eine schwankende Magnetnadel in die Nordlinie — immer wieder in Stellung Nr. 3.

So ergeht es genau dem im höchsten Punkte schwebenden schwanzfreien Drachen, der in Fig. 3 punktirt dargestellt ist. Würde die Schnur im Punkte a belassen, so bleibt auch der Drache oben, — läßt man die Schnur los, so nimmt ihn der Wind mit und wirft ihn zu Boden. Eine gewölbte Form ändert hieran gar nichts. —

Herr Lilienthal hat nun noch weitere interessante Versuche mit gewölbten Flächen an aufrecht stehenden Waagebalken gemacht. Dieser Apparat ist in Fig. 5 dargestellt, der Drehpunkt ist m, die untere Kugel g hat die Fläche f ausbalanciert, so daß bei Windstille der Balken in jeder Lage stehen bleiben würde.

Herr Lilienthal schreibt darüber Seite 124:

„Mit der wagerechten Flächen-Einstellung beginnend wird einem wieder sofort eine neue Ueberraschung zu Theil; denn gegen alle Voraussetzung bleibt der Hebel mit dem oben befindlichen großen Versuchskörper a selbst im starken Sturm senkrecht stehen, nur wenig um die Mittellage hin und her schwankend. Die Projection der Fläche nach der Windrichtung beträgt einschließlich der Flächendicke über $^1/_{10}$ ihrer ganzen Grundfläche und dennoch schiebt der Wind die Fläche nicht zurück, indem der Hebel bei schwacher Pendelbewegung die vertikale Lage behauptet. Erstaunt hierüber bringt man den

Hebel absichtlich aus der Mittellage heraus, sowohl mit dem Winde als gegen den Wind und findet, daß die Versuchsfläche immer wieder nach dem höchsten Punkte wandert, der Hebel sich also immer wieder senkrecht stellt. Die Fläche kann also nicht bloß in der höchsten Lage bleiben, sie muß sogar diese Lage behalten und befindet sich daher nicht im labilen, sondern im stabilen Gleichgewicht. Um diesen Eindruck noch zu verstärken, kann man irgend einen schweren Körper, z. B. einen Stein a (bei unseren Versuchen 2 Kg.) unter der Fläche am Hebel befestigen, so daß das obere Hebelende thatsächlich schwerer wird wie das untere, aber auch dann noch bleibt die Fläche oben in stabiler Lage.

Diese Erscheinung, von der man vorher keine Ahnung haben konnte, charakterisirt nun am deutlichsten die Befähigung der schwach gewölbten Fläche zum Segeln, das heißt zu einem Fluge, der ohne Flügelbewegung und ohne wesentliche dynamische Leistung seitens des fliegenden Körpers vor sich geht.

Die betrachtete Fläche würde sich ohne weiteres hochheben, wenn sie nicht am Hebel befestigt wäre und wenn man ihre horizontale Lage sichern könnte, was natürlich am besten durch ein lebendes Wesen geschehen würde, dem diese Fläche als Flügel diente."

Wer nun meinen Ausführungen über den Drachen und das Schiffchen mit Verständniß gefolgt ist, wird gefunden haben, daß Lilienthal's Apparat dasselbe ist, nämlich eine Windfahne, die sich nur in die Windlinie — ob horizontal oder vertikal schwankend, ist ganz gleich — stellt! — und daß der letzte Ausspruch, „die Fläche würde sich ohne weiteres hochheben, wenn sie nicht am Hebel befestigt wäre" völlig unzutreffend ist. Die Fläche hebt sich vielmehr hoch, **weil** sie am Hebel befestigt ist, und die Fläche hält deshalb nur eine „stabile" Lage im höchsten Punkte, weil sie der Winddruck gegen ihre Projection dahin hebt, und die Fläche liegt oben nur darum so fest, weil der Winddruck, der unter der Fläche hinstreicht, eine stärkere

Tragkraft für die Fläche hat, als der Winddruck gegen die Flächenkante an Rückdruck ausüben kann. Wäre der Druck gegen die Flächenkante stärker, dann würde sich die Fläche nicht auf der Höhe behaupten. Bei einer freien Fläche ist dies aber ganz anders, als bei einer festgehaltenen.

Der Schluß Lilienthal's:

„Die betrachtete (gewölbte) Fläche würde sich ohne weiteres hochheben, wenn sie nicht am Hebel befestigt wäre und wenn man ihre horizontale Lage sichern könnte, was natürlich am besten durch ein lebendes Wesen geschehen würde, dem diese Fläche als Flügel diente."

ist eine völlig irrige Folgerung, denn solange der Mensch die Fläche haltend und gegen den Wind drückend auf der Erde steht, hat er noch einen Stützpunkt auf der Erde mit den Füßen, und die schräg gehaltene, gewölbte Fläche hat Hubkraft, (ähnlich wie der schräge Drachen) — wo ist aber der feste Punkt, wenn die Füße den Erdboden verlassen haben? — wo soll denn der Mensch die Stütze hernehmen, die Fläche gegen den Wind zu stemmen? — Nein! so geht das durchaus nicht! — Herr Lilienthal fällt nämlich nach meinen Versuchen sofort mit seiner gewölbten Fläche rückwärts zur Erde sobald er mit den Füßen den Fußboden verlassen hat! — denn dann hat er mit dem Luftdruck von unten zu rechnen, und mit Gegendruck von vorne.

Im Uebrigen würde sich eine ebene Fläche von gleichem Areal mit derselben Kraft oben erhalten wie eine gewölbte. Diese Art Flächen haben in gefesseltem Zustande nur das Bestreben, im Windstriche ruhen, nicht aber, wie Lilienthal meint, im Winde steigen zu wollen. —

Um recht deutlich zu sein, möchte ich noch kurz das Gesagte an 2 Wetterfahnen wiederholen.

Eine Wetterfahne mit vertikaler Achse (Fig. 6) wird vom Winde stets in die Windrichtung gestellt, aber auch eine solche Fahne mit horizontaler Achse wie in Fig. 7. Bei Windstille hing diese Fahnenfläche senkrecht nach unten, wie die punktirte Form, aber der Winddruck hebt sie so hoch, daß die ganze

Fahne mit ihrer Fläche auf dem Windstriche ruht und nur eine Kante vom Winde getroffen wird.

Der Wind hat das Bestreben, die ihm gebotene schräge Fläche auf dem kürzesten Wege so hinzuschieben, daß sie völlig in seinem Striche ruht, und er führt dies beim Drachen, dem erwähnten Schiffchen und dem Apparate Lilienthal's, sowie bei den beiden Wetterfahnen so aus, daß er die hintere Flächenkante hinter die vordere Flächenkante zu schieben sucht. Bei den beiden Wetterfahnen hat er es insofern leicht, als sich die hintere Flächenkante im Zirkelschlage um die Vorderkante dreht, die anderen drei schrägen Flächen, die des Drachen, des Schiffchens und des Apparates muß er erst auf weitem Wege dahin schieben, wo beide Flächenkanten in seinem Striche liegen.

Dies ist sonach nichts Wunderbares und nur eine Thatsache, die uns beim Fluge nichts nützen kann, und ein Flug-Geheimniß liegt in der gewölbten Fläche wohl kaum. Immerhin sind die Versuche mit denselben von Interesse und anerkennenswerth, was für sämmtliche Lilienthal'schen Versuche zutreffend ist; — die Flugfrage fördern sie keinesfalls, sie leiten eher auf weitere Irrwege.

Betrachten wir in dieser Beziehung die fliegende Thierwelt, so fällt allerdings zunächst auf, daß sämmtliche Flügeldecken der Käfer gewölbte Flächen sind, und das spricht eigentlich zu Gunsten jener Flächentheorie, zumal auch die Käfer zu Gunsten des Fluges damit arbeiten. Wenn aber ein besonderes Fluggeheimniß in der gewölbten Flugfläche läge, dann hätte die weise Mutter Natur die Käfer nur mit diesen Flächen ausgestattet, dies hat sie aber nicht gethan, sondern gab ihnen noch die zarten, ungewölbten Flughäutchen dazu. Warum dies? — Die gewölbten Decken genügen jedenfalls nicht! Ich habe Käfer beobachtet, denen von loser Kinderhand die Flügeldecken zerstört und abgerissen waren und doch flogen die Thiere davon, aber mit bloßen gewölbten Flügeldecken fliegen sie nicht. Die besten Flieger unter den Insekten haben keine gewölbten Flügeldecken, sondern nur Flugmembrane,

und überholen den Käfer in seinem plumpen Fluge weit. Die Biene, die Libelle, die Fliegen lassen sich kaum von Tauben und Schwalben meistern und haben k e i n e gewölbten Flächen, sondern nur Flughäute. Und wenn endlich so viel auf die Wölbung der Flugflächen ankäme, dann würde die Natur den Flugvögeln die Wölbung der Flügel während des Fluges so belassen, wie sie sind, wenn der Vogel den schöngewölbten Flügel zum Auffliegen ausbreitet. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, sondern zwischen dem Flügel vor und dem Flügel nach dem Auffliegen ist ein ganz bedeutender Unterschied, den jeder Blick auf große schwebende Vögel und die Moment-Photographie lehrt; und das hat doch die Natur nicht umsonst gethan! —

Wegen all solcher aufgestellten völlig irrigen und theilweis gegen die herrschenden Naturgesetze verstoßenden Deduktionen verweise ich auf folgende Thatsache.

Mehrere Schiffer waren beschäftigt, eine Anzahl in's Wasser gefallener Bretter über einen Flußarm zu stoßen. Ich sah, daß die Leute die etwas gekrümmten, d. h. in ihrer Länge gebogenen Bretter, die den Lilienthal'schen hohlen Flügeln gleichgeformt waren, zurücklegten und nur die völlig ebenen Bretter einzeln hinüber stießen. Auf meine Frage, warum die Leute nicht auch jene krummen Bretter hinüber lancirten, antworteten sie: „Wir kriegen die Force nicht raus, sie so weit zu stoßen, daß die Leute am jenseitigen Ufer sie fassen können!"

Da diese krummen Bretter selbstverständlich viel mehr Reibung in ihrem Medium verursachen als ebene Gleitflächen, so kann ich die wissenschaftlichen Behauptungen Lilienthal's, daß hohle Flügel weniger Kraft zu ihrer Bewegung gebrauchten, mit jenen natürlichen mechanischen Vorgängen bei den Brettern nicht in Einklang bringen.

Daß die Flügelform während der Flügelarbeit hohle Formen zeigt, beweist Baron von Schweiger-Lerchenfeld an Momentphotographien in seinem Prachtwerke: „Das neue Buch der Natur."

Bei dem hochgereckten schlagenden Flügel sieht man die hohle Form sehr deutlich, beim Schlage gleicht sich dies noch mehr als beim Schweben aus. Dieser Ausgleich ist nöthig, damit der Kardinalsatz Seite 487: „alle Flugarbeit besteht in Ueberwindung von Luftwiderstand" auch leicht erreicht wird. Beim Flügelschlage, sagt von Schweiger, trifft die Flügelfläche den Luftdruck sogar schräge.

Es treten, wie der genannte Forscher sagt, bei größeren Vögeln hohle Merkmale an Flügeln hervor und diese mögen sich auch dem Luftdrucke gut anschmiegen, aber beim Schweben ist der ebene Flügel vorherrschend, weil er besser den Luftwiderstand überwindet.

Jedenfalls werden weitere Moment-Aufnahmen auch hier noch klärend wirken, man fragt sich hierbei aber, welche Flächenform hat bei ihrem Profilschnitt die größeste Projection in der Bewegungsrichtung? — und beantwortet sich die Frage, wenn man sagt, die geringste Projection überwindet naturgemäß den Luftwiderstand am leichtesten und ist am flugfähigsten, denn es kommt, wie von Schweiger richtig sagt, darauf an, den Luftwiderstand leicht zu überwinden, nicht hervorzurufen. — Wir wollen schnell über die Luftsäulen hinweg, nicht von ihnen aufgehalten sein, also keinen Widerstand hervorrufen! —

6. Die elastische Spannkraft der Flugflächen.

Als das drittwichtigste Element des Vogelflugs war die elastische Spannkraft der Flugflächen bezeichnet, und das mit Recht, denn ohne diese Kraft würde aus dem Fluge nicht das, was er ist, — eine annähernd horizontale „mechanische" Bewegung für den Vogel. Diese Spannkraft entsteht, wenn ein Vogel sich mit seiner ganzen Schwere in seine ausgebreiteten Flügel hängt. Denn wie wir Menschen, wenn wir uns auf

ein Sopha, oder einen Sprungfederstuhl setzen, die Federn hinunterdrücken und in Spannung erhalten, so drückt auch die Vogellast, die sich auf die Flügel legt, die Federn spannend nach oben, weil die Flügel von unten durch den Luftwiderstand hochgedrückt werden. Die Flügelspannkraft ist genau so groß wie die Schwerkraft, und die Schwerkraft so groß wie die unbewußte Muskelkraft, die Schwerkraft ist nur das Mittel, die Kraft der süßen Gewohnheit in Spannkraft umzusetzen. Alle drei Kräfte sind gleich groß, sind verschieden von einander und doch sind alle drei nur eine Kraft. Um Mißverständnissen zu begegnen, hebe ich hervor, daß diese Spannkraft ja nicht eine besonders für sich bestehende Kraft sein soll, — nein! die passive Muskelkraft, die Kraft der süßen Gewohnheit, bedient sich nur der Elasticität als Vermittelung, die Schwerkraft in Spannkraft und dadurch die Bewegungsrichtung der Schwere aus der Vertikalen zum Theil in horizontale Bewegungsrichtung umzusetzen. Mit der bloßen Spannkraft würde aber dem Fluge auch wenig gedient sein, das bewegende Element ist vielmehr die schräge Fläche unter den Schwungfederspitzen, erst die schräge Fläche ist die Mutter der Horizontalspannkraft der Schwungfedern. Ohne die Bildung dieser schrägen Fläche würde auch die Horizontalspannkraft fehlen.

In der von mir gezeigten Horizontal-Spannkraft ist die Segelkraft der schrägen Fläche mit einbegriffen, und wenn ich daher von der Wirkung der Spannkraft auf die Fortbewegung des segelnden Vogels spreche, so ist stets die Wirkung der schrägen Fläche darin einbegriffen, denn ohne diese schräge Fläche giebt es keine Horizontal-Spannung in den Schwungfedern.

Eine Spannkraft kann aber nicht als eine selbständige Kraft auftreten, sondern sie muß erst erzeugt werden. Diese Spannkraft hört aber auf, wenn die Ursache der Spannkraft aufhört; solange aber eine Spannkraft vorhanden ist, muß auch mit ihrer Wirkung gerechnet werden.

Der Vogel verfügt über Muskelkraft und mit dieser über seine Schwerkraft, wenn es nun nicht gar zu untechnisch und widernatürlich klingen würde, würde ich sagen, beim Schwebe-

fluge verliert er die Schwerkraft, denn sie ist in Spannkraft aufgegangen. Sinkt der Vogel beim Schweben allmälig, so ist die Spannungskraft gleich der Schwerkraft, hält sich der Vogel in gleichem Niveau, so ist die Spannkraft gleich passiver plus aktiver Muskelkraft; der Vogel thut dann von Muskelarbeit durch Flügeleinstellung, Balancier- oder Schwanz-Steuerkraft zur reinen Schwerkraft-Spannung etwas hinzu, oder er macht Flügelschläge. —

Sehen wir uns zunächst einmal einen Vogel mit ausgebreitetem Flügel auf der Erde stehend genau an, so sehen wir, daß der Flügeloberarm horizontal liegt, aber die Flügelspitze herabhängt. Der Flügel hängt, mit seiner äußersten Schwungfeder-Spitze etwa in Parallele 1 der Figur 8/9, die Federn befinden sich im Zustand elastischer Ruhe, weil die Vogellast nicht von den Flügeln getragen wird, sondern der Vogel die Flügel trägt. In diesem Zustande hat der Flügel eine Wölbung seiner Unterfläche, wie die Versuchsfläche Lilienthal's in Fig. 5.

Dies ändert sich jedoch sofort, sobald der Vogel hochgesprungen ist und in den Flügeln hängt, wie dies in Fig. 8/9 darzustellen versucht ist. Hier trägt der Vogelflügel die Last des Vogelleibes, und da dieses Tragen nur auf der Luftsäule stattfinden kann, die gerade unter den Flügeln sich befindet, so drückt die Luftsäule jede Fläche der Flügel nach oben, und zwar so hoch, daß die Hauptfläche der Flügel in einer Horizontalen mit den Flügelwurzeln — in Parallele 3 — liegt, die Beobachtung und Moment-Photographie lehren, daß die Schwungfedertheile des Flügels aber höher, etwa mit ihrer höchsten Schwungfeder-Spitze in Parallele 4 liegen. Während sonach die äußeren Flügeltheile eine Spannung von 1 bis 4 haben, haben die innern Flugflächen eine solche von 2 bis 3 der Parallelen.

Es ist zu beachten, daß ein stehender Vogel diese Flugflächen-Spannung durch Muskel**kraft nicht** hervorrufen kann, sondern daß diese Spannung **nur durch die Schwerkraft** hervorgerufen wird.

Denn, wenn der Vogel diese zum Fluge nothwendige

Spannung durch eigene Muskelthätigkeit und vollster Flügelarbeit erzeugen könnte, dann würde er sich auch von der Erde abheben können, ohne anlaufen und hochhüpfen zu brauchen. Dies kann er eben nicht trotz der heftigsten Flügelschläge seiner gewölbten Flugflächen, wie der in einem kleinen umzäunten Garten gefangene Kondor und Albatros beweisen, denen doch das Hochhüpfen, wenn auch nicht der Anlauf zu Gebote steht. — warum fliegen diese so gewaltigen Segler der Lüfte nicht davon, da ihnen doch der weite Luftocean offen steht? — Die Theorie, sogar ein neuerer Stimmführer, hat berechnet, daß durch Flügel schläge ein 25 mal größerer Luftdruck erzielt werden kann als durch gleichmäßige Bewegung derselben Flugfläche in horizontaler Richtung mit der Geschwindigkeit des Druckmittelpunktes der Flügel bei offenem Flugwinkel von geeignetester Größe! warum hebt sich dann der Vogel nicht durch alleinige Flügelschläge vom Boden ab?

Daß Kondor, Albatros, an der Erde liegende Thurmschwalben, Alpen- oder Mauersegler, Fledermäuse 2c. nicht durch reine Flügel schläge sich von der Scholle los machen können ist ein Beweis, daß die gewölbte Flugfläche und der Flügel schlag für den Flug selbst von untergeordneter Bedeutung sind. Man sieht, daß auch die neueste Fachwissenschaft bestrebt ist, die alten Irrthümer noch zu erhalten. Daß aber der Vogel, wenn er nur einige Handbreiten hochhüpfen und sich in die Flügel hängen kann, oft, wie Raben, Störche, Sperber, Gabelweihe, Wasserläufer, Tauben u. A. deutlich beweisen, ohne jeden Flügelschlag 50 und noch mehr Meter weit schwebt, ist ein Beweis, daß in dem regungslos ausgespannten Flügel die Hauptflugkraft zu suchen ist.

Da wir aber an diesem Beispiele und an dem des auf einem Punkte der Luft dem Winde standhaltenden Vogels gesehen haben, daß zwischen dem ausgestreckten Flügel in freier Luft und dem gestreckten Flügel auf der Erde weiter kein Unterschied als die Form und Lage der Spannung besteht, so muß in dieser Spannung die große Flugwirkung liegen, und da endlich der Vogelflügel den Leib des Vogels so schnell ohne

Flügelschlag forträgt, und somit Flugarbeit geleistet wird, so muß auch in der Spannung des regungslosen Flügels eine arbeitende Kraft ruhen.

Endlich haben wir gesehen, daß der an der Erde ruhende Vogel in seinen Flügelflächen durch bewußte Muskelthätigkeit die zu seinem Fluge nöthige Kraft nicht erzeugen kann, es muß also die Erzeugung der Haupt-Flugkraft außerhalb seiner Flügelarbeit, mehr in einer — wenn ich mich so ausdrücken darf — todten, einer Materienkraft gesucht werden, und so muß in der Schwerkraft, Feder-, Gelenk- und Luft-Materien-Kraft die Hauptkraft der Flugarbeit liegen. — Ich sage ausdrücklich: die Hauptkraft, denn die alleinige Kraft kann nicht darin ruhen, denn die Muskelkraft, sowohl diejenige, die zum Bewußtsein, aber in Sonderheit die, welche nicht zum Bewußtsein gelangt, haben Theil an der Gesammt-Flugkraft, aber das soll nur hervorgehoben sein, daß die Arbeit reiner Naturkräfte die Grundsäule der Hauptträger der Flugarbeit, also der eigentliche Flugmotor, ist. —

In welcher Weise die Adhäsionskraft des Materials an die Flugarbeit ihren Zoll abgiebt, kann man sich vorstellen, wenn man versucht z. B. sein Kniegelenk oder das des Ellenbogens rücküber zu biegen, wie man häufig bei kraftprobenden Kindern das gegenseitige Arm-Krumm- oder Gerade-Machen sieht. Hat z. B. ein Kind seinen Arm gekrümmt und ein anderes soll ihn geraderecken, so braucht das erstere nur so lange eigene Gegenkraft durch bewußte Muskelkraft zu leisten, bis der Arm wirklich gerade gereckt ist. Sollte der Gegner aber versuchen wollen, den geraden Arm sogar rückwärts im Gelenk biegen zu wollen, so hat dieser Arm keine Muskelkraft, die zum Bewußtsein gelangt, mehr zu verrichten, sondern die Kraft des Materials, mit welchem das Gelenk gebildet worden ist, widersetzt sich mit großer Energie einem Rücküberbiegen des Gelenks, — die Bänder, Muskeln und Sehnen, sowie die von diesen zusammengedrückten Knochenflächen dulden vermöge ihrer Adhäsionskraft eine über ihr Dehnungsverhältniß hinaus-

gehende Bewegung von selbst nicht. Und gerade diese Kraft des Materials mit sammt der unbewußten Muskelkraft spielt beim Fluge eine bedeutendere Rolle, als die bewußte Muskelthätigkeit des Vogels, denn der Vogel hat zur Verhütung des Ueberknickens seiner Flügelgelenke nach oben, oder des Hintenaufkippens seiner Flügel keine bewußte Muskelkraft aufzuwenden, sondern dies besorgt die Kraft des Materials der geeignet konstruirten Gelenke. Um aber die Flügelgelenke in ausgebreiteter Lage zu erhalten, wird er ebenfalls nur die Kraft der süßen Gewohnheit gebrauchen wie der Mensch, der mit unbewußter Kraft seinen Körper auf seinen Hüft-, Knie- und Fußgelenken aufrecht erhält, warum sollte das wohl bei einem Vogel in der Luft anders sein als auf der Erde? —

Ein Flügel, der mit der ganzen Vogellast auf die Luft gedrückt wird, muß in Folge seines elastischen Materials auch eine andere, breitgedrücktere als die Ruheform annehmen und sich in eine andere Lage begeben. Daß die Spannungslage eine dem Fluge günstige sein muß, darüber herrscht wohl kein Zweifel. Vergleichen wir nun die Lage des regungslos gespannten mit der des regungslos ausgestreckten Flügels eines stehenden Vogels, wobei die Lage des Oberarms in beiden Stellungen gleich ist, d. h. horizontal und rechtwinklig zur Längsachse des Körpers liegt, so weist der belastete Flügel eine zweifache Spannung auf, und zwar einmal in der Gesammtfläche eine vertikale, und in der Schwungfederfläche außerdem noch eine horizontal nach vorwärts gerichtete Spannungslage. Beides muß einen Zweck haben, und beides muß auch eine Wirkung zu Gunsten des Fluges haben. Diese Wirkung kann auch nicht anderswo gesucht werden, als in der Richtung dieser Spannungen, die Vertikal-Spannung muß vertikal wirken, und die Horizontal-Spannung in horizontaler Richtung.

Die Horizontal-Spannung der Schwungfedern ergiebt sich, ganz abgesehen von der Spannung des Materials der Gelenke, aus der Betrachtung der Schwungfedern des linken Flügels eines stehenden Storches in Fig. 10. Diese Storchgruppen

sind den Moment-Aufnahmen von Anschütz nachgebildet, was mir in liebenswürdiger Weise von Herrn Anschütz gestattet ist. Diese Aufnahmen geben also genau die Erscheinungen in der Natur wieder und haben sonach die beste Beweiskraft.

Die Schwungfedern, welche sich im Zustande elastischer Ruhe befinden, sind nach vorn convex, sodaß, wenn man sich ihre Krümmung weiter fortgesetzt denkt, etwa wie die punktirten Linien, so würde sie säbelartig nach hinten gehen. Wie ganz entgegengesetzt formen sich diese Federn nach Fig. 11, noch deutlicher nach Fig. 12 um, hier sind sie vorn concav; sie haben sich nicht nur vertikal, sondern auch horizontal nach vorn gespannt, denn hier haben wir es mit gespannten Flügeln zu thun.

Wenn diese Spannung aber hervorgerufen und für nöthig gehalten ist, so muß sie auch zu Gunsten des Fluges geschaffen sein, und es ist deshalb weiter unsere Sache, zu untersuchen, welche Wirkung diese Spannung hat.

Die Vertikal-Spannung des Flügels ist nun an der Linie a b in Fig. 12 sehr deutlich zu erkennen, weil diese Linie in der Richtung des Flügelquerschnittes läuft, und parallel in der Richtung der Längsachse des Vogelleibes liegt. Es ist hier sehr deutlich zu sehn, daß von einer Wölbung der unteren Flügelfläche gar keine Rede sein kann, sondern sogar das Gegentheil der Fall ist, denn die Federlage der Unterfläche des Flügels zeigt, daß die Wölbung auf dem oberen Theile der Flügelfläche liegt, was auch der Wirkung des Luftdruckes eher entspricht. Bei starken Flügelschlägen bekommt der Flügel entschieden eine concave Form oben, was auch jedenfalls stattfinden wird, wenn sich Raben und Raubvögel ohne Flügelarbeit vom Winde senkrecht hochheben lassen.

Gehen wir nunmehr auf die Horizontal-Spannung näher ein, und möge in Fig. 13 am linken Flügel jenes Vogels die horizontale Lage der äußersten Schwungfeder in den verschiedenen Stellungen erläutert werden.

Der Vogel ist ja im Stande, seine Flügelstellung nach

Willkür zu verändern, aber bei obiger Figur soll angenommen sein, daß der Oberarm des Flügels in allen drei Stellungen gleiche horizontale Lage habe. Auch ist die obere Form des linken Flügels in derselben Tiefe der mittleren Flügelform zu denken, die obere Lage ist nur gewählt, um den Mittelraum nicht zu überfüllen.

Die Vertikale 3 schneidet in a die Flügel s p i t z e der punktirten — der unteren — Flügelstellung, welche eintreten würde, wenn der Vogel auf der Erde stände. Wenn der Flügel durch das Vogelgewicht belastet ist, so spannt sich derselbe so, daß die Flügel s p i t z e in Vertikale 2a, also um die Differenz der Parallelen 2 und 3 horizontal vorrückt, und macht der Flügel einen Schlag, so rückt die Flügel s p i t z e noch weiter, bis in die Vertikale 1a vor; so zeigt es genau die allerdings sehr schwierig auszuführende Beobachtung und die Moment-Aufnahme.

Da die Thatsache der horizontalen Vorwärts-Spannung aber da ist, so muß sie sich auch erklären lassen und eine Ursache haben. Während die Vertikal-Spannung durch den Luftdruck, der sich dem fallenden Vogel von unten entgegenstellt, leichter erklärlich ist, bedarf die Horizontal-Spannung einer besonderen Erklärung.

7. Die horizontale Spannkraft des äußeren Vogelflügels.

a. Die Ursache der Spannung nach vorn.

Denken wir uns eine Schwungfeder aus dem linken Flügel eines Vogels in Fig. 14 so dargestellt, daß sie, von hinten gesehen, in dem Fittig säße. Der Federschaft liegt am weitesten, die Federfahne am nächsten dem Auge, denn in allen Schwungfedern sitzt der Federschaft nicht in der Mitte der

Fahne, sondern bei ausgebreiteten Flügeln mehr dem Kopfe des Vogels am nächsten.

Die punktirte Form stellt den Zustand elastischer Ruhelage der Feder vor und wir sehen in dieser Form überall die obere Fläche der Feder. Dies ändert sich sofort, sobald der Flügel die Vogellast trägt und der Luftdruck in der Richtung der Schattenriß-Pfeile von unten auf die Federfläche wirkt, da hebt sich sogleich der Fahnen-Theil der Feder so hoch, daß man die untere Fläche b 2 sieht; der Federschaft liegt nun am tiefsten, die Fahne am höchsten, und zwar deshalb, weil die Fahnentheile, die dem widerstandsfähigeren Schafte am fernsten liegen, auch am leichtesten dem Drucke von unten nachgeben und zu größerer Höhe hinaufgedrückt werden; — es fluhten nun die vertikal unter die Fläche treffenden Lufttheile nach hinten ab, weil der Vogel im Sinken begriffen ist.

Dies dürfte wohl noch ganz natürlich erscheinen, aber die Hauptsache liegt darin, daß durch diesen Umstand die Feder nicht allein eine Vertikal-Spannung, sondern auch die wichtigste, die Horizontal-Spannung nach dem Federschafte, also nach vorn zu, erhält, und zwar aus demselben Grunde, aus dem der Drache und das Segel des Schiffchens eine Wirkung nach derjenigen Kante ihrer Flächen erhalten, welche dem Luftdrucke zunächst liegen. Bei der Feder kommt der Luftdruck direct von unten, die Feder bietet in gespannter Lage dieser Druckrichtung eine schräge Fläche, in der der Federschaft dem Drucke am nächsten liegt, mithin muß die Federfläche nach demselben Gesetze wie beim Drachen auch eine Wirkung nach dieser Seite, also nach dem Kopfe des Vogels zu, also eine Flugwirkung erhalten.

Die Spannung in dem Federschafte nach dieser Richtung hin tritt aber deshalb ein, weil der schwere Vogelleib dieser plötzlich eintretenden Horizontal-Wirkung nicht im gleichen Augenblicke zu folgen vermag und von dieser Wirkung erst allmälig nachgezogen werden kann.

Ehe diese Zugkraft der elastischen Spannung der Schwungfedern das Beharrungs-Vermögen der Ruhe des schweren

Vogelkörpers ohne Flügelschlag überwunden und den Körper in Flug gebracht hat, geht längere Zeit verloren, die Vögel helfen sich aber dadurch, daß sie sich mittelst Anlauf und Absprung durch ihre Schenkelkraft aus dem Beharrungs-Zustand der Ruhe befreien, und dadurch der horizontalen Spannung den Antrieb erleichtern.

In Fig. 15 soll die Seitenansicht einer gespannten Schwungfeder im Querschnitt darzustellen versucht sein. Diese Feder sitzt mit dem Schaft a im linken Flügel. Der Luftdruck muß den rechts vom Federschaft sitzenden Fahnentheil der Feder höher als den Flächentheil in der Nähe des Schaftes drücken, sodaß die Federfläche dem schattirt markirten, und in der Richtung des Pfeiles a wirkenden Luftdruck eine schräge Fläche bietet, was der Fläche eben die Wirkung und Spannung in der Richtung des Pfeiles b giebt; ohne diese schräge Fläche ist auch die Horizontal-Spannung undenkbar. Die Mutter der schrägen Fläche ist der Vertikal-Luftdruck, die Mutter der Spannkraft ist die schräge Fläche.

Betrachtet man diese so einfache Vorrichtung, so kann man die Weisheit der Natur nicht genug bewundern, wie sie durch Construction der Feder einen vertikalen Druck in eine horizontale Wirkung umzusetzen, aber noch mehr, wie sie diesen horizontalen Druck in Arbeit für Flugzwecke zu verwandeln weiß. Denn diese Vorwärts-Spannung der Schwungfedern findet so lange statt, als der Luftdruck von unten dauert, so lange also, bis sich der Vogel zur Erde oder auf sonst feste Punkte niederläßt. Diese Spannung ist vorhanden, ob der Vogel sinkt, steigt oder horizontal schwebt, ob er mit dem Winde oder gegen diesen zieht, der Vogel mag sich in der Luft bewegen wo oder wie er will, er muß stets seine Schwere auf den Flügeln tragen, und wo Schwere ist, ist auch die Spannung da. In dieser Spannung ist aber die Segelwirkung der schrägen Fläche der Schwungfedern mit einbegriffen.

An Fig. 16 sollen die drei Lagen des äußersten Theiles der ersten linksflügeligen Schwungfeder, von der Seite gesehen, veranschaulicht werden. Im Zustand elastischer Ruhe hängt

der Federtheil herab und hat die Querschnitt-Richtung wie die Nadel-Linie a; wenn der Vogel schwebt, liegt der Federtheil höher und weiter vorwärts, etwa wie die Querschnitt-Richtung der Feder b, und im Flügelschlage ist dieser Querschnitt noch schräger, also die Spannung größer, wie dies die Linie c zeigen soll. Die Lage b entsteht durch das Hängen der Vogelschwere zwischen den Flügeln, dies ist also die reine Schwerkraft-Spannung, also das Aequivalent unbewußter Muskelkraft, welche wir die Kraft der süßen Gewohnheit nannten.

Bereits in dieser Stellung der Schwungfedern beginnt die Flugbewegung des Vogels ohne jeden Flügelschlag, ja sie beginnt noch weit früher und zwar schon dann, wenn die hintere Fahnenkante unmerklich, z. B. um die Breite eines Haares höher liegt, als ihr Federschaft, weil dann schon die horizontale Vorwärts-Spannung des Schaftes eintritt.

An der Stellung c, welche durch Flügelschlag eintritt, sieht man die höhere Spannung der Feder. Diese erhöhte Spannung ist das Aequivalent der bewußten plus unbewußten Muskelthätigkeit. Diese Spannung entsteht durch Adition aktiver Muskelarbeit zu passiver (unbewußter) Kraftäußerung, oder durch Adition von Schwerkraft-Spannung zu Muskelarbeits-Spannung.

Wir kommen hier zu dem Satze.

Der Flügelschlag ist nur eine Verstärkung der schon vorhandenen Flugkraft, nicht der Urheber der Flugkraft, denn die Stellung der Feder in b zeigt, daß die Federfahne bereits höher liegt, als ihr Schaft, mithin schon eine Segel- oder Flugwirkung vorhanden ist. Diese Schwerkraft-Spannung ist die Grundbedingung jedes Vogelfluges, wo diese Spannung fehlt, beginnt überhaupt kein Flug, und deshalb kann ein Vogel, der nicht von der Erde abhüpfen kann, auch nicht auffliegen, denn durch all seine Flügelschläge kann er die Stellung c direct aus Stellung a nicht herstellen, ja selbst nicht einmal die Spannung b, die von der reinen Schwerkraft

hervorgerufen wird, da er sich nun aber nicht heben kann durch reine Flügelarbeit, so liegen in der Schwerkraft-Spannung größere Flugkräfte, als in den Flügelschlägen.

b. Die Wirkung der Spannung nach vorn.

Wo eine Spannung eingetreten ist, ist auch das Bestreben einer Ent-Spannung wachgerufen, und hört daher eine spannende Kraft auf, so tritt eine Spannung auch sofort aus ihrer Zwangslage heraus und stellt ihre Ruhelage her. So lange eine Spannung festgehalten wird, so lange leistet sie auch einen Gegendruck. Die gespannte Uhrfeder leistet durch ihre Ent-Spannung die Gangarbeit der Uhr, der gespannte Bogen schleudert durch seine Ent-Spannung den Bolzen oder Pfeil fort. So muß auch in der Doppel-Spannung des Vogelflügels eine Wirkung vorherrschend sein, und wenn dies nicht der Fall wäre, so würde die Spannung auch von der Natur nicht hervorgerufen sein, — da sie aber in dem Fortbewegungs-Organ der Luft erzeugt ist, so ist sie auch zu Gunsten der Fortbewegung in der Luft hervorgerufen. Nach welcher Seite die Ent-Spannung dieser elastischen Spannkraft aber wirkt, ist wohl keine Frage, — wie eine gespannte Uhrfeder oder ein Bogen in entgegengesetzter als der Spannrichtung zurückschnellt, so drückt auch die Vorwärts-Spannung im Vogelflügel nach hinten und wirkt dadurch nach vorn und die Vertikal-Hochspannung nach unten und wirkt dadurch nach oben.

Die Wirkungsart der Vorder-Spannung der Schwungfedern soll nun an den folgenden Beispielen zu erklären versucht werden.

Das Schweben der Vögel ist häufig auch „Segeln" genannt, und zwar mit Recht, denn es ist thatsächlich weiter nichts, als ein Segeln im zutreffendsten, schönsten Sinne des Wortes. In Fig. 17a ist ein Segelboot dargestellt, das den Winddruck mit der Richtung unseres Augenstrahles empfängt. Der Mast liegt im Zustand elastischer Ruhe in der senkrecht punktirten

Linie. Ob der Mast elastisch ist oder nicht, thut dem segelnden Boote im Winde nichts, dies würde auf alle Fälle bei Luftdruck doch segeln; da aber der Mast einmal elastisch ist, so giebt er durch die Stärke seiner Spannung uns einen ungefähren Maaßstab von der Stärke des wirkenden Segeldruckes. Wenn das Segel rechtwinklig vom Winddrucke getroffen wird, übt das Segel keinerlei seitlichen Druck aus, sobald jedoch eine Vertikal-Seite des Segels weiter zurück liegt als die andere, so übt das Segel nach der am weitesten vorliegenden Seite hin einen Druck aus. In der Fig. 17a liegt die Mastseite des Segels dem Winddrucke am nächsten, und so schiebt der Luftdruck des Windes die ganze schräge Segelfläche mit dem Maste nach links, was vom Boote aus nach vorn genannt wird, und die Folge dieses Druckes ist die eintretende Vorder-Spannung des Mastes. Die Spannungs-Richtung des Mastes ist also ein Zeichen von einer nach jener Richtung wirkenden Kraft. Sobald die geringste Vorspannung des Mastes stattfindet, tritt auch eine Bewegung des Fahrzeugs nach vorn ein, erst wenn der Mast sich entspannt hat und in vertikaler Linie liegt, hört auch die Segelbewegung auf. Im vorliegenden Falle wird sonach ein Theil der wirkenden Windkraft zur Spannkraft und diese zur Bewegung, denn je größer die Spannkraft, um so schneller und energischer wird die Fortbewegung, und so lange die Spannkraft vorhanden ist, so lange ist auch die aequivalente Bewegung vorhanden.

Genau so wie das Segelboot, segelt auch der Vogel ohne einen Flügelschlag nöthig zu haben, weiter, denn seine Schwungfedern werden genau wie das Segel nach dem Maste zu, so nach dem Federkiele zu fortgetrieben; es ist nur der einzige Unterschied der Stellung zum Luftdruck, zwischen Boot und Vogel; das Segel empfängt einen horizontalen Luftdruck, die Vogelflügel einen vertikalen Druck von unten nach oben. Das Segel bietet dem horizontalen Drucke eine schräge Fläche, die Schwungfedern und der ganze äußere Spitzentheil der Flügel — besonders bei Seevögeln — dem vertikalaufwärts-wirkenden Drucke eine schräge Fläche, — die Verhältnisse sind dieselben,

nur ist die Stellung anders. Und sowie die Mast s p i t z e am nachgiebigsten ist, den größesten Weg der Spannung zurücklegt, so ist auch die Schwungfeder s p i t z e am nachgiebigsten und birgt unter sich den Hauptimpuls der Spannung und Bewegung, in Form eines Luftprismas beziehungsweise eines Luftkegels.

Denken wir uns in Fig. 17 b das Segel von oben gesehen. so stellt der Punkt i die vorgespannte Mastspitze, die Linie i n die obere Segelseite, die Schattirung den Wind vor. Die Linie i bis beinahe halb nach m mag die Mastkrümmung sein. Ziehen wir durch diese Krümmung die Punktirte a d, so ist das Dreieck i n m die Basis desjenigen Luftprismas, (oder Kegels) welches durch seinen schrägen Druck die Spannung des Mastes und der Schwungfeder hervorruft. Da nun dieser Druck beim Segel wie beim Vogel constant ist, trotzdem sich beide fortbewegen, so wird dadurch gleichsam eine S t ü t z e, e i n f e s t e r P u n k t für die Spannung gebildet, an dem sie sich bei E i n l e i t u n g und versuchten Ausführung ihrer E n t - Spannung stützen kann.

Diese L u f t k e g e l u n t e r d e n S c h w u n g f e d e r n sind einzig und allein die f e s t e n P u n k t e des Vogels in f r e i e r Luft, an die sich die Spannung heranzieht, selbst wenn sie noch so klein sind; — und beim Schweben sind sie klein, während sie der Flügelschlag vergrößert. Und diese festen Punkte haften unter der Flügelspitze, wohin sich diese auch wenden mag. —

Da, wie gesagt, die Basis dieses Luftkörpers an den äußersten Spitzen des Segels wie der Schwungfeder oder der Flügelspitze am größesten ist, so beginnt jede Fortbewegung an der Spitze dieser Fortbewegungs - Organe. Die Fortbewegung tritt also beim Vogel an den Flügelspitzen ein und theilt sich durch die Längsachse der Flügel dem Vogelleib mit.

Mit dem Vorhandensein des kleinsten Luftprismas hinter und unter den Schwungfedern ist die elastische Horizontal-Spannung dieser Federn und die Fortbewegung des Flugkörpers verbunden. Die stattfindende Schwungfeder-Spannung

nach vorn ist also stets ein Zeichen vorhandener, treibender Luftprismen oder Kegel.

Betrachten wir einmal den schwebenden Vogel in Fig. 18, der mit der vollen Last seines Gewichts auf der schattirten Luftsäule ruht, welche in der Richtung der Pfeile von unten gegen seine Flügelfläche drückt. Dieser Druck biegt die Federfahnen seiner Schwungfedern 1 bis 5 höher als die Kiele derselben, sodaß sich hinter und unter diesen Fahnen ein Luftprisma a bildet, welches in der Richtung seiner schattirten Pfeile die Feder hoch und in Vorder-Spannung drückt. Der Vogel muß, abgesehen davon, daß sich noch ein großer ähnlicher, allerdings flacherer Luftkegel unter der ganzen Flügelspitze mit derselben Wirkung bildet, demnach in beiden Flügelspitzen einen Zug nach vorn fühlen, wie dies beim Segel erklärt ist. Da diese Luftkegel, wie erwähnt, als Stützpunkte für die Spannung wirken und die Spannungslage der Flügelspitzen wie durch Sperrfedern festgehalten wird, so kann die Ent-Spannung der Zwangslage in den Längsachsen der Flügel nur dadurch vor sich gehen, daß der mitten in dieser Spannung liegende Vogelkörper, von der elastischen Spannungs-Energie der vorgereckten Flügelspitzen an sich herangezogen wird.

Während sich aber der Vogelleib anschickt, der Spannung nachzugeben, drücken die äußeren Luftkegel die Flügelspitzen auf's Neue vor und fordern auf's Neue die Ent-Spannung der hervorgerufenen elastischen Energie und somit das Nachfolgen des Vogelleibes hinter der Spannung her. Und so geht das Empfangen von Spannkraft an den Flügelspitzen und das Nachfolgen des Vogelleibes hinter der Spannung her immer fort. Was der Vogel an Spannkraft an den Flügelspitzen empfängt, giebt er mathematisch genau als Bewegung in Vorwärtsrichtung an den Vogelkörper wieder ab, da aber die Größe dieser Spannkraft von der Vogellast bedingt wird, und diese constant ist, so ist auch die Bewegung constant, und diese Flug-Bewegung ist das schöne gleichmäßige Schweben.

Das Schweben ist die aequivalente Flugbewegung der reinen Schwerkraft-Spannung der Flugflächen des schwebenden Vogels,

also die in Flugbewegung umgesetzte unbewußte Muskelkraft, der Kraft der süßen Gewohnheit, bei völlig horizontalem Schweben muß etwas Steuerkraft, also Eigenkraft mitwirken.

Beim Vergleich dieses segelnden Vogels mit dem Segelboot finden wir, daß der Wind sich gegen das Segel bewegt, daß aber der Luftdruck gegen die unteren Flügelflächen des Vogels keine auftreibende Bewegung hat. Dafür hat aber der sinkende Vogel eine Bewegung gegen den Luftdruck und wenn diese sinkende Bewegung auch nur so gering ist, daß sie bei schwebenden Vög'ln kaum wahrgenommen werden kann, so ist der Luftdruck doch so stark, die volle erforderliche Spannung hervorzurufen. — Ja, das anscheinend Unerklärbare ist das, daß diese elastische Vorder-Spannung der Flügelspitzen sogar beim Ansteigen des schwebenden Vogels, und zwar besonders stark, beobachtet wird. Dies ist, sagte ich, nur anscheinend unerklärlich, die Erklärung dafür wird im nächsten Kapitel gegeben werden.

Was nun die Größe der Druckkraft der elastischen Vorwärts-Spannung anlangt, so kann diese wohl nur durch die Berechnung des Luftdrucks gegen den Querschnitt des Vogelleibes bei höchster Schwebe-Geschwindigkeit berechnet werden, — daß zu dem Schweben keine große Flugkraft gehören kann, geht deutlich daraus hervor, daß der Vogel die Flügelspitzen, d. h. den äußeren Theile der Flügel, etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ des ganzen Flügelareals nur theils zur Fortbewegung der Körperlast benutzt. Dies ist ja nur Annahme, die Größe der Horizontal-Spannkraft bei einfachem Schweben ist gleich der Größe des Horizontal-Luftdrucks gegen den Querschnitt des Vogels, beide Kräfte bilden ein bewegliches Gleichgewicht.

Durch eine größere Ausbreitung der Flügel wird deren Spannkraft erhöht. Diese höhere Spannkraft ist dann der Umsatz der erhöhten Muskelanspannung des Vogels, aber keine neue Kraft, die etwa aus dem Materiale stammen soll.

Lilienthal berechnet den Querschnitt eines Storches von 4 kg. Schwere auf 0,008 qm. und schätzt den Luftdruck gegen diese Fläche nur auf $^1/_4$ so groß als gegen eine ebene Fläche,

weil der Vogelkörper spitz zuläuft und sonach zum Zertheilen der Luft sehr geeignet ist. Nun drückt die Luft gegen eine Fläche von 1 □Meter, welche in einer Sekunde einen Meter weit gleichmäßig so gegen den Luftdruck bewegt wird, daß die Fläche rechtwinkelig getroffen wird, mit einer Kraft von 0,1318 oder rund 1,13 kg., und da dieser Luftdruck mit dem Quadrat der Flug-Geschwindigkeit wächst und eine Schwebe-Geschwindigkeit von 20 Meter bei einem solchen Storche von Lilienthal beobachtet wurde, so berechnet sich der horizontale Luftdruck gegen den Querschnitt dieses Vogels auf

$$L = 0{,}008 \cdot 1/4 \cdot 0{,}13 \cdot 20^2 = 0{,}104 \text{ kg.}$$

d. i. rund 1/40 seines Körpergewichts.

Um aber das Körpergewicht des Vogels von 4 kg. schwebend zu erhalten, rechnet Lilienthal die Flugfläche des Storches zu 0,5 □M., und findet, daß eine passend gewölbte Flügelfläche, welche horizontal ausgebreitet ist, einen normal nach oben gerichteten Luftdruck hat, welcher gleich 0,55 von demjenigen Druck ist, den eine normal getroffene ebene Fläche von gleicher Größe erhält, und so berechnet Lilienthal die nothwendige Geschwindigkeit zum Schweben dieses Vogels auf

$$\sqrt{\left(\frac{4}{0{,}55 \cdot 0{,}13 \,.\, 0{,}5}\right)} = 10{,}6 \text{ Meter.}$$

Bei rund 10 Meter Geschwindigkeit soll danach der Storch segelnd auf der Luft ruhen.

Wenn demnach der Storch wie ein Raubvogel auf einem Punkte der Luft gegen den Wind Stand hält, ohne zu sinken, so müßte dieser Wind mindestens 4 kg. vertikal aufsteigenden Druck ausüben, und die elastische Horizontal-Spannung hätte danach die Kraft, den Querschnitt und das Gewicht des Vogels gegen den Luftzug festzuhalten; der ganze Kraftaufwand dabei — also Schwerkraft- und eigene Muskel-Spannkraft — ist gleich 4 kg. Hubkraft.

Um aber die Wirkung der Spannung für Flugzwecke so deutlich wie möglich zu machen, sei in Fig. 19 noch ein Beispiel besprochen; A ist ein schwimmendes Stück Holz,

welcher in ruhigem Wasser und im Punkt a an einer Schnur befestigt ist. Eine elastische Stange b mit Zugschnüren c ist an dem Schwimmholz vorn befestigt. Zieht man die Leinen c mit den Enden der elastischen Stange b bis etwa in die Linie n, so ist die Stange b in eine Zwangslage (in die punktirte Form) getreten, und die Schnur an Punkt a ist straff gespannt. Da der Punkt a den Schwimmkörper festhält, so kann keinerlei Ent-Spannung der Stange b stattfinden. Läßt man nun die Leinen c plötzlich los, so findet die Ent-Spannung der Stange b auch auf demselben äußeren Wege statt, wo die Spannung stattfand, — die Stange schnellt in ihre Ruhelage, in ihre gerade Linie zurück.

Ganz anders ist jedoch die Sache, wenn wir die Zugleinen c nochmals an- und die Stangenenden b bis n vorziehen und nun plötzlich die Halteschnur in a losschneiden, da hat der Schwimmkörper keinerlei Halt mehr und muß der Spannung der Stange b sofort folgen. Die elastische Ent-Spannung der äußerlich gespannten Stange b findet nun innerhalb beider Stangenspitzen dadurch statt, daß sich der Mittelpunkt der Stange mit dem Schwimmkörper A soweit vorbegiebt, bis die Stange in der Linie n ihre Lage elastischer Ruhe gefunden hat. — Dies dürfte doch wohl klar sein.

Zieht man nun aber im Augenblick des Durchschneidens der Halteschnur in a, die Zugschnüre c weiter an, so hat die Elasticität der Stange b keine Zeit ihre innere Ent-Spannung zu vollenden, sondern sie sucht dies nur durch fortwährendes Nachziehen des Schwimmkörpers A zu erreichen. Bei fortgesetztem Zuge tritt aber eine völlige Ent-Spannung der Stange nie ein, — weil der Wasserdruck gegen den Querschnitt des Schwimmkörpers dies verhindert, und da auch an den Spitzen des Vogelflügels der Zug nach vorwärts nie in freier Luft aufhört und der Vogelleib von keinem Punkte a festgehalten wird, so muß der Vogelleib rast- und ruhelos so lange der Spannung seiner Flugflächen folgen als diese Spannung vorhanden ist, und diese Spannung hört nur auf, wenn der

Vogel auf seinen Beinen ruht, ruht er aber auf den Flügeln, so ist sein Normal-Zustand r a st l o s e „S ch w e b e bewegung."

Hier stehen wir vor der stillen, nicht in die Erscheinung tretenden Thätigkeit jener räthselhaften Flugkraft, die den Vogelleib in so kurzer Zeit so unverhältnißmäßig weit zu tragen vermag, — vor jener räthselhaften „m e ch a n i s ch e n" Flugbewegung, die den Vogel gegen heftige Winde festhält, und die ihn gleichmäßig nach vorn treibt, ob er den Kopf gegen den Wind hält oder mit dem Winde zieht, oder ob er sich in Windstille befindet, diese Schwebekraft bleibt sich stets gleich, denn sie wird von einer ganz gleichbleibenden Kraft, der Schwerkraft des Vogels, gespeist. Diese Spannkraft schlummert in den Fittichen des stehenden Vogels, aber wie die Schleuderkraft des Geschosses dem in Gasspannung versetzten Pulverdrucke auf dem Fuße folgt, so schießt die Spann- und Flugkraft in die Flügel, sobald sich die Vogellast in dieselben hineinwirft; die Schwerkraft braucht die Spannkraft in den Flugorganen nur zu wecken, damit sich diese als unversiegbare, rastlose Flugkraft bethätige. —

Wir stehen hier vor der wunderbaren Thatsache, daß ein elastisches Material, wie das Schwungfeder-Material es ist, in Wirklichkeit angeregt durch Schwere und Luftdruck, mechanische, ununterbrochene Arbeit leistet; das heißt, eine Kraft in sich trägt, welche in rastlose Bewegung übergeht; da aber im Voreilen der Spannung und Nachfolgen der E n t - Spannung immer eine gleiche Differenz liegt, und die Spannung um so viel vorschnellt, als die Ent-Spannung nachgefolgt ist, so sieht man eben keine Arbeit, sondern immer eine regungslos gleichförmige, schwebende Flügelform, und doch ist diese anscheinend starre Flügelform voller Arbeit und Leben, weil eine gespannte s ch r ä g e Fläche der stete Beweger dieses Materials ist.

Es ist staunenswerth, mit welch' großartiger Einfachheit die Natur die Elasticität für Flugzwecke hier zu verwerthen weiß; sie zieht eine Feder auf, läßt sie ablaufen, und zieht sie während des Laufens immer wieder von Neuem auf, oder, wenn der Vogel sich in seine Feder-Flugorgane wirft, ist die

Feder-Maschine für die ganze Reise aufgezogen, denn dieser Motor läuft erst ab am Ziele der Reise, und läge selbst zwischen Auf- und Niederflug der Erdkreis, sofern der Flugkörper nur durch Hülfskräfte in der Luft erhalten wird; diese Horizontal-Maschine ist stets thätig ohne Speisung und Wartung.

Diese Flugkraft gleicht einem Accumulator, der getreu die empfangene Kraft abgiebt und doch kraftgeschwängert bleibt; — die Flügel gleichen magnetischen Organen, die mit constantem Zuge nach einem Pole fliehen, den sie nie erreichen, und der stets vor ihnen liegt, wohin sie sich auch wenden mögen, mit einem Worte, der Vogel hat ohne Flügelschlag eine Flugbewegung, zu der er direkt nichts weiter thut, als die Flügel auszubreiten. — Ist das Fliegen da eine Kunst? — Wir brauchen durch Steuerkraft uns nur in der Höhe zu halten, dann haben wir zugleich stete Zugkraft gewonnen!

Es ist thatsächlich zutreffend, daß, wenn man einen kreisenden Vogel so schießen könnte, daß er todt und starr im Gleichgewicht bliebe, er ruhig kreisend fortschweben würde bis er die Erde berührte, und da der Vogel beim Schweben sehr wenig Höhenverlust hat, so kann das ziemlich lange dauern. Eine geringe Hülfskraft würde diesen Flug völlig unterhalten.

Wir wissen nun, daß Lichtstrahlen und Schallwellen brechbar sind und durch Spiegelflächen oder schräge Wandungen in eine andere Richtung gebracht werden können. In derselben Weise können wir beim Schwebefluge von der Brechung einer Kraftrichtung sprechen, denn der vertikal aufwärts gerichtete Druck der Luftsäule unter den Vogelflügeln wird in den Theilen, welche sich unter der Flügelspitze befinden, gebrochen und in horizontale Richtung, in Flugkraft, in Flugbewegung, also in Arbeit horizontaler Richtung, umgesetzt; die Flügelspitze bricht daher die Kraftrichtung im annähernd rechten Winkel, und die Mittel dazu sind die zweckdienlich gebauten Schwungfederflächen.

Da nun der Flügelschlag sich von oben nach unten bewegt, mithin dadurch der Luftdruck gegen die untere Flügelfläche noch verstärkt wird, so muß naturgemäß auch die gebrochene Kraft

durch den Flügelschlag stärker werden, und so zeigt er sich denn auch in der That, daß durch den Flügelschlag die Schnelligkeit des Fluges zunimmt, nicht aber der Flugkörper senkrecht gehoben wird. — Der Flügelschlag verstärkt daher nur die bereits gebrochene Kraft, d. h. den horizontalen Flug, er vergrößert die Flugarbeit, oder verstärkt die lebendige horizontale Kraft, dies zeigt der Flügelschlag in Fig. 20.

Die Flügelarbeit, welche doch gewissermaßen rechtwinkelig zur Längsachse des Vogels stattfindet, und bei horizontaler Lage dieser Achse den Vertikaldruck der Luft unter den Flügeln verstärkt, wirkt thatsächlich auf den Hub des Vogels, aber dieser Hub geht bei Ausholung zum nächsten Flügelschlage wieder verloren, und es tritt deutlich hervor, daß der Schlag des Flügels für das Halten von Höhe sehr belanglos ist. Das eben ist ein großer Irrthum Borelli's, den seine Anhänger bis heute noch verfechten, daß er behauptet:

es sei Aufgabe des Fluges, durch Treibung von Luft von oben nach unten mittelst Flügel-Schlägen in der Höhe zu bleiben,

es ist vielmehr Aufgabe des Fluges

die Fortbewegung zu unterhalten, also lebendige Horizontalkraft zu erzeugen, denn mit Hülfe dieser Kraft fällt auch dem Vogel der Hub leicht.

Wir sehen häufig im alltäglichen Leben, daß mechanische Bewegungen entgegengesetzte Folgebewegungen haben. — Ein an die Erde geworfener Gummiball kommt direkt zurück- und hochgeflogen, ebenso kehrt der Billardball zurück, der rechtwinkelig die Bande trifft, — die Arbeit der Ruder und Flossen hat die entgegengesetzte Bewegung des Fahrzeugs und Fischkörpers zur Folge, der auf den Ambos geschwungene Hammer schnellt ein Stück zurück, ebenso die Faust, die auf das Sopha schlägt; — führt man jedoch mit einem Vogelflügel einen senkrechten festen Schlag aus, so schnellt er nicht etwa auch zurück, sondern er gleitet seitwärts fort und zwar nach der Seite hin, wo die Kiele der Schwungfedern sitzen. Daran erkennt man deutlich den Zweck des Flügelschlages! Die Natur will durch den Schlag des Flügels nicht einen Rück- oder

Hubdruck, sondern einen Fortdruck erzielen; — deutlicher als durch solche Beobachtungen kann sich die Natur kaum ausdrücken. Die Wirkung oder Ursache dieser Seitwärts-Bewegung des schlagenden Flügels liegt eben in der Horizontal-Spannung der Schwungfedern, durch deren zweckentsprechende Bauart die Druckrichtung gebrochen und in Flugkraft, in Flugarbeit, umgesetzt wird.

Für diejenigen aber, denen die Entspannung der horizontalen Flügelspannung und deren Folge — die Schwebebewegung — noch nicht klar ist und die Frage aufwerfen sollten, warum nicht auch die Vertikal-Spannung eine Entspannung erführe, sei bemerkt, daß eine Federwaage, worauf ein Gewicht ruht, sich vertikal auch nicht entspannen kann so lange die Ursache dieser Spannung, das Gewicht, noch darauf ruht; — würden wir aber dasselbe Gewicht in einen kleinen Kahn legen, der im Wasser schwämme, und hingen nun den beschwerten Kahn an die horizontal gehaltene Federwaage, welche durch dieselbe Kraft wie die Schwerkraft des genannten Gewichts gespannt wäre, so würde die Spannung das ganze Gewicht auf dem Wasser fortziehen, indem sie sich völlig entspannte; — man wird sehen, daß dieselbe Kraft, die ein gewisses Gewicht nicht einen Deut hochzuheben vermag, dasselbe Gewicht horizontal eine Strecke fortbewegen kann. So können die gespannten Schwungfedern wohl die Vogellast horizontal fortziehen, aber nicht vertikal heben.

Ein Mann ist im Stande, wohl sein 3- und mehrfaches Gewicht in einem Wagen fortzuziehen, auf glatter Schiene zieht derselbe Mann wohl 50, und im Kahne mehr als 500 Centner, aber heben kann der Mann solche Lasten nicht. Wir sehen, daß lebende Wesen bedeutendere Lasten ziehen oder fortschieben als sie heben können, so ergeht es auch dem Vogel in der Luft, — er zieht sein Körpergewicht viel leichter horizontal oder noch diagonal fort, als er es senkrecht hochzuheben vermag.

Wir sehen aber auch im alltäglichen Leben, daß ein Mann von 75 kg. Gewicht, sein (vier- bis) fünffaches Gewicht

mittelst eines Handwagens auf einer schrägen, 2 Meter langen Fläche von 1 Meter senkrechter Höhe hinaufzieht, indem der Last vorher auf horizontaler Bahn eine größere Geschwindigkeit gegeben worden war. Wenn die Hebung dieser Last auf die Höhe von 1 Meter 4 Sekunden in Anspruch genommen hat, so ist diese Arbeit gleichwerthig mit der Hebung eines Gewichts von 75 kg. zu derselben Höhe in einer Sekunde, — der Mann hat also 1 Pferdekraft Arbeit geleistet. Man sieht, daß ein Mensch eine größere fortbewegte Last indirekt leichter heben kann als direkt, und so ergeht es auch den Vögeln der Luft; und daher erklärt es sich auch, daß es den Vögeln so schwer, ja theilweis unmöglich wird, ihr Körpergewicht senkrecht zu heben, während sie es in seichten Diagonalen zu großen Höhen hinaufziehen.

Den leichtesten Transport von Lasten kann man auf horizontaler ebener Bahn, z. B. auf glatten Schienen oder Wasserflächen bewirken, und so hat es auch die weise Natur so eingerichtet, daß beim Horizontalfluge des Vogels seine Gleitflächen auch thatsächlich horizontal liegen und keinerlei offenen Flugwinkel bilden, wie die Theorie behauptet. In dieser Lage bilden die Flügelflächen eine so glatte Transportfläche, wie sie praktischer gar nicht gedacht werden kann. Würde aber wirklich ein offener Flugwinkel beim Horizontalfluge gebildet werden, so würde dies gleichbedeutend sein mit einer Fahrt bergauf, diese hat aber mit dem leichten Fluge nichts gemein. Ferner würde aber in dem offenen Flugwinkel das Bedingniß einer rückwirkenden Bewegung liegen, die durch Eigenkraft überwunden werden müßte, und endlich würde der offene Flugwinkel die entgegengesetzt wirkende Spannung der Schwungfedern neutralisiren, und die ganze Maschinerie des Vogels gliche einem Wagen mit 2 Pferden, von denen das eine zieht und das andere zurückhakt, und da bliebe natürlich der Wagen auf demselben Flecke stehen.

Nein, der Vogelrumpf kann nur deshalb so leicht auf den Flügeln so weite Strecken horizontal transportirt werden, weil die Hauptfläche des Flügelareals völlig horizontal liegt und

nur beim Hub des Vogels einen offenen Flugwinkel bildet, — denn ein offener Flugwinkel bildet einen Hemmschuh für den Flug, was deutlich daraus hervorgeht, daß jeder Hub auf Kosten horizontaler Geschwindigkeit geschieht.

Was nun die Größe der horizontalen Federspannung anbelangt, so möge diese, wenn wir uns — wie in Fig. 21 — eine Gewichtsscala angebracht dächten, genau das Vogelgewicht registriren, wie dies die Federwaage anzeigt. Die 3. Schwungfeder des Gabelweihs in Fig. 21 lag im Zustand elastischer Ruhe in der punktirten Lage auf den Gewichtsgrad 0 deutend, nachdem der Vogel sich in die Flügel hängte, spannte sich diese Feder horizontal bis auf den 2 kg.-Grad vor. Wiegt nun der Vogel wirklich 2 kg., so ist diese Lage und Spannung der Federn diejenige, welche nach jeder Störung dieser Lage wieder von selbst hergestellt wird. Würde der Vogel plötzlich eine Beute von 0,5 kg. in den Fängen halten, so rückte die Feder auch sofort um die aequivalente Spannweite von 0,5 kg. vor, und ließe der Vogel die Beute wieder fallen, so rückte die Schwungfeder sofort ohne Zuthun des Vogels wieder auf das Scalazeichen 2 kg. zurück. Je größer nun die Spannung, um so energischer die Ent-Spannung und der Flug, daher schwebt der Vogel mit der Beute auch schneller, sofern nicht das Volumen derselben hemmt, denn die Schwerkraft ist größer, daher die Spannkraft bedeutender und die Muskelkraft wird mehr angespannt.

Die dargestellte Spannungslage ist die Spannung der reinen Schwerkraft, welche durch den Druck der Schwerkraft auf die senkrechte Luftsäule hervorgerufen wird. Diese Lage wird nun dadurch gestört, daß sich die reine horizontale Spannung der Schwungfedern e n t spannen will und zwar in der Weise, daß der Vogelkörper, wie das vorbesprochene Kahn-Gewicht von der Federwaage, nachgezogen wird. Sobald diese Bewegung aber eingeleitet ist, stellt sich auch die gestörte Spannungslage, die bei 2 kg. die Normale ist, von selbst wieder her, und so geht dieses Zerstören und Wiederherstellen der Normal-Spannungslage fort und fort, bis der Vogel den

Boden erreicht hat, und diese unsichtbare Arbeit geht ohne Zuthun des Vogels vor sich und ist diejenige Flugarbeit, die ich als von der reinen Schwerkraft-Spannung herrührend bezeichnet habe, und die die Grundursache des Fluges ist. Dies ist ein Analogon einer Turbine, die von der Wassersäule getrieben wird; den Vogel treibt die Luftsäule.

Wenn ein schwebender Vogel so dahinsegelt, bleibt diese Normal-Spannungslage völlig unverändert, denn wir haben es nur mit der reinen Schwerkraft-Spannung oder mit dem reinen Luftdruck in vertikaler Richtung zu thun. Anders verhält sich aber die Sache, wenn sich der Vogel während des Schwebens plötzlich aufrichtet und seiner Bewegungsrichtung einen offenen Flugwinkel bietet, da spannen sich plötzlich alle Flügelfedern höher und schärfer nach vorn und repräsentiren eine größere Spannkraft, und die Folge davon ist eine Hebung des Vogels. Wo kam aber die Kraft der höheren Spannung her? Diese Kraft ist die lebendige Kraft des Vogelkörpers in horizontaler Richtung, es ist der horizontale Luftdruck gegen den offenen Flugwinkel der Flügel; dieser Mehrdruck erhöht selbstverständlich die Spannung des Flügelfeder-Lagers, und eine erhöhte Spannung der elastischen Lager ist gleichbedeutend mit einer Lastverminderung, und eine Lastverminderung hat eine Hebung der Restlast durch das elastische Lager zur Folge. Je größer daher die lebendige Flugkraft ist, je höher kann der Vogel steigen, — die reine Schwerkraft-Spannung ist nicht im Stande, die Vogellast zu heben, sondern die Hubarbeit leistet nur das Mehr der lebendigen Kraft. Daher sehen wir auch deutlich, daß das Steigen des Vogels ohne Flügelarbeit nur dann aufhört, wenn der Impuls dieser Hubkraft, die Vorwärtsbewegung, aufhört. Das Aufrichten des Vogels ist aber auch eigene Steuerkraft und diese wird mit in Höhe umgesetzt.

Theoretiker haben berechnet, daß wenn ein Vogel in Wellenform schwebt, er sich ohne Flügelschlag nicht wieder auf die Höhe der vorigen Flugwelle erheben könne; diese Behauptung ist eben reine Theorie, denn ich habe unzählige

Male das Gegentheil und zwar eine Hebung weit über die frühere Höhe beobachtet. Der Gegenwind ist nicht im Stande, den Vogel höher zu heben, wenn der letztere nicht eine genügende Gegenkraft leisten kann.

Man darf hier nicht übersehen, daß der abwärtsgleitende Vogel nicht nur mit nackter Schwere gleitet, sondern diese Schwere wird noch durch die Spannung der Flügelspitzen auf der schrägen Fläche hinab g e z o g e n, und die lebendige Kraft des Thieres ist somit größer, weil durch diesen Zug die Anfangs-Geschwindigkeit größer ist, und die Hebung leichter, weil die Federspannung im Aufsteigen verstärkt wird. Das Aufrichten des schwebenden Vogels ist aber Absorbirung und Umsatz von Eigenkraft, denn ein todter Körper — ein Apparat — kann sich doch nicht von selbst aufrichten. —

Zum Schluß des Capitels sei wiederholt, daß die seitliche Bewegung einer Last auf horizontaler Bahn bedeutend leichter ist als ihre Aufwärtsbewegung, und daß letztere erleichtert wird durch lebendige Horizontalkraft der zu hebenden Last. So zieht ein Mann eine Last mittelst Wagens nicht so leicht auf einen Berg hinauf, dessen Weg stetig steigt, als wenn der Weg in kleinen terrassenförmigen Absätzen mit horizontalen Verbindungen zur Höhe führt, also eine verlängerte Treppenstufen-Form hat. Man kann der Last auf der verlängerten horizontalen Stufe eine so große horizontale Geschwindigkeit ertheilen, daß die Hebung dieser Last auf die nächste Stufe nicht schwer wird. Die Hebung der Last geschieht hier mit Hülfe der lebendigen Kraft dieser Last, indem ein Theil der Manneskraft sich in der zunehmenden lebendigen Kraft der Last aufspeichert, die dann beim Passiren der nächsten Stufe jedesmal aufgezehrt wird. Selbst Thiere gebrauchen dieses Hülfsmittel des Hubes beim Ueberspringen von Hindernissen, wie ich dies auch anderweit erwähnte. — So sprang ein Fuchs über eine Hecke, nachdem er einen energischen Anlauf genommen hatte, während er vorher aus dem Stande vergebens die Hecke zu überspringen versuchte; ebenso pflegen

Katzen einen Anlauf zu nehmen, um auf Mauern oder Bäume zu springen.

Jeder frei fallende Körper hat das Bestreben, senkrecht zur Erde zu fallen, so fällt auch der Fallschirm-Künstler bei Windstille völlig senkrecht, denn sein Fallschirm erfährt wohl eine Ausspannung, aber nur in vertikaler Richtung. Anders ist dies bei dem Vogel, — denn sobald sich dieser mit ausgebreiteten Schwingen frei fallen läßt, treten sofort zwei Kräfte in einen Kampf, und zwar das Beharrungs-Vermögen der senkrecht niederstrebenden Körperschwere des Vogels und die elastische Horizontal-Spannung des Flügelspitzen-Materials, welche bestrebt ist, die fallende Schwere von der senkrechten Falllinie ab- und hinter sich herzuziehen. Dieser Kampf endigt zu Ungunsten des Beharrungs-Vermögens der fallenden Schwere, denn sie giebt dem rastlosen elastischen Zuge immer mehr nach, bis dieser sie in eine beinahe horizontale Flugbahn hineingezogen hat. Aus diesem Grunde kann kein Vogel mit ausgebreiteten Schwingen senkrecht fallen, sondern er fällt in einer Kurve hernieder, die sich immer mehr einer horizontalen Flugbahn nähert. Dieser elastische Zug hört nun keineswegs auf wenn die annähernd horizontale Flugbahn erreicht ist, sondern er wirkt eben stets in freier Luft, sogar beim Steigen des Vogels, wie dies bereits erklärt ist.

Das Fallen des Vogels, die Bewegung des Vogels von oben nach unten, ist gleichbedeutend mit einer Schlagbewegung eines Flügels von oben nach unten, und das ist der deutlichste Beweis, daß der Flügelschlag auf die Fortbewegung und nicht auf den Hub — wie Borelli und seine Anhänger meinen, wirkt. —

Daß die Kurve des fallenden Vogels erst unter bedeutendem Höhenverlust zum Fluge führt, hat seinen Grund darin, daß die Horizontal-Spannung nicht im Stande ist, die Schwere plötzlich aus ihrem Beharrungs-Vermögen loszureißen, eine Thatsache, die wir auch bei anderen Gelegenheiten beobachten können. So kann die gewaltige Dampfkraft auch erst allmälig die Locomotive und das Dampfschiff in Bewegung setzen, die

Pferde ziehen den Lastwagen erst allmälig an, das Karussel geht zuerst sehr langsam und erst allmälig schneller, und jede Maschine tritt erst aus einem langsamen in ein schnelleres Rotationsstadium; und so beruht das ganze Räthsel des Vogelflugs in all seinen Zusammensetzungen auf ganz natürlichen alltäglichen Erscheinungen.

Die Chemie sucht nach einem Urstoff, der das Urelement jedes materiellen Seins, das Grundelement jedes Elements sein soll, man will also jeden Bestandtheil auf einen einzigen Urbestandtheil zurückführen; — eine solche Grundursache der Wirkung fehlt unserer Kenntniß über jede Flug-Phase und für jede nur denkbare Flugbewegung, es fehlt ein Fundamentstein für den Bau unserer Flugtheorie, und diese Curtius-Lücke schließt sich selbst dann nicht, wenn wir die ganze, uns überkommene Doctrin der Flugtheorie hineinwerfen; wir sind gezwungen, diese veralteten dogmatischen Lehren und Theorien über das Wesen des Fluges umzuwerfen und auf deren Trümmern eine neue Theorie der Mechanik des Vogelflugs aufzubauen, mit deren Hülfe jede Erscheinung in der Flugwelt erklärt werden kann. — Diese Grundursache jeder Flugbewegung, dieser Urkeim jeder horizontalen Bewegung der Vögel auf den Schwingen, dieser archimedische Punkt, von dem aus der Vogel bewegt wird, ist die Schwerkraft-Spannung des Flügelmaterials, ist die nicht zur Befriedigung gelangende elastische Energie im Material der Vogelschwingen; vielleicht könnte man auch statt dessen sagen: die Arbeit der beim Sinken wirksamen Schwerkraft. Da dieses Streben nach Befriedigung durch Flügelarbeit vergrößert wird, so erklärt sich, daß ein Vogel mit schlagenden Flügeln schneller als ein schwebender Vogel fliegt.

Nach den „Neuesten Nachrichten" zieht eine Pferdekraft auf dem Landwege 15, auf der Chaussee 30, auf den Schienen 300 und auf dem Wasser 1000 Ctr. Um in der Luft eine auf den Flügeln ruhende Last einen Meter horizontal fortzuziehen, habe ich bei Weitem nicht die Kraft nöthig, als um diese Kraft 1 Meter hoch zu heben, oder als wie die Last

Arbeit leistet, wenn sie 1 Meter tief sinkt. Diese letztere Kraft ist vielmehr im Stande, ihre Last vielfach weiter zu ziehen, als ihr Höhenverlust beträgt.

Diese große Vertikal- (im Sinken geleistete) Arbeitskraftgröße zu sammeln und in gleichmäßiger Horizontalkraft wieder auszugeben, also das Kraftkapital, wenn man so sagen darf, in Markstücken einzunehmen, aber in Pfennigen wieder auszugeben, ist nun Sache des elastischen Flügelmaterials. Die Spannkraft des Flügelmaterials ist das Sammelbecken, in das eine kurze, starke Kraftspeiseröhre vertikal einführt und eine lange, schwache Abflußröhre horizontal (dieselbe gesammelte Kraft) wieder abführt. — In diesem Umstande liegt die bedeutende Kraft-Oeconomie des Schwebens.

Um nicht mißverstanden zu werden, sei hier bemerkt, daß ich unter „Arbeit der Naturkräfte" als Gesammtbegriff das Zusammenwirken von Schwere, Flugmaterial und Luftdruck betrachte, im Gegensatz zu „Muskelarbeit", — und wenn ich von Schweben in gleichem Niveau spreche, dies nicht als Resultat alleiniger „Arbeit der Naturkräfte" betrachte, sondern dazu die Steuerkraft des lebenden Vogels als zugehörig gedacht ist.

Die Elasticität aber soll nicht etwa als eine besondere, für sich zu betrachtende Kraft gelten, sondern sie ist nur das Mittel, die Gunst der wirkenden Kräfte am ausgiebigsten auszunutzen und sich mit ihrer Last am ungehemmtesten durch das Luftelement zu bewegen; die Elasticität ist die geschmeidige Schmiere, die die Fahrt erleichtert, sofern man diesen Ausdruck technisch gelten lassen will, — ein ungeschmierter Wagen bedarf größerer Transportkraft als der erstere.

Die Elasticität ist die Kraft der Vermittelung und Erleichterung, — die beim Fluge so nöthig ist als beim Brodschlucken der Speichel, — in beiden Fällen kann man sagen: „Es gleitet besser" — „es rutscht besser!" — Schmiere und Speichel leisten keine selbständige Arbeit, aber erleichtern den wirkenden Kräften die Arbeit bedeutend. Dies sind ja

freilich Bilder, die vor dem Richterstuhle wissenschaftlicher Technik nicht bestehen, aber um dem Verständniß nachzuhelfen, muß man sich helfen wie man kann, denn es ist in der Mechanik sehr schwer, sich mit bloßen Worten recht anschaulich auszudrücken, darum bitte ich den gestrengen wissenschaftlichen Leser, nicht gleich in gerechten Unwillen auszubrechen, — es kommt mir darauf an, die Sache so darzustellen wie sie ist, und der Elasticität nicht mehr in die Schuhe zu schieben, als sie leisten kann.

Im mündlichen, wie schriftlichen Verkehr mit dem Ingenieur O. Lilienthal ist mir die Wirkungsweise der Horizontalspannungskräfte bestritten worden, und der Genannte hat meine jüngsten Arbeiten aus diesem Mißverständniß meiner Spannungstheorie nicht zur Aufnahme in das Organ des Vereins zur Förderung der Luftschifffahrt, bei dem er Redactions-Ausschuß-Mitglied ist, empfohlen, vielmehr wiederholt zurückgewiesen.

Es ist mir dies um so befremdlicher, als viele Gelehrte sich schon vollständig klar über diese Spannungstheorie sind. Lilienthal meint, in den Spannungskräften ruhe ein Gleichgewicht und es fände deshalb eine Entspannung nicht statt, Dies trifft nur für die Vertikal-Spannung, nicht aber für die Horizontalspannkraft zu, da liegt eine Verwechselung von G l e i c h g e w i c h t mit R u h e vor. Zwischen beiden Begriffen macht die Mechanik einen Unterschied. Mit Ruhe bezeichnet die Mechanik überhaupt den Zustand eines Körpers, der seinen Ort im Raume nicht verändert, gleichviel ob auf den Körper Kräfte einwirken oder nicht; das Wort „Gleichgewicht" aber bezeichnet, daß ein Körper, auf den mehrere Kräfte einwirken, so in seinem Zustande verharrt, als ob diese Kräfte überhaupt nicht auf ihn einwirken. Das Gleichgewicht von Kräften kann daher, im Sinne der Mechanik, sowohl bei einem ruhenden, wie bei einem sich bewegenden Körper eintreten; das Wort „Gleichgewicht" schließt daher den Zustand der Bewegung nicht aus.

Die Arbeit der von mir nachgewiesenen, bewegenden Hori-

zontal-Spannkräfte ist gleich der Summe der Arbeiten aller Horizontal-Widerstände, und somit ist beim Schwebefluge durch diese Spannkräfte ein bewegliches Gleichgewicht hergestellt und dieses Gleichgewicht ist der von mir nachgewiesene „mechanische" Schwebeflug.

Der Natur ihrer Thätigkeit nach müßte ja der Effekt der Horizontal-Spannkraft, also die mechanische Fortbewegung, in sehr große Geschwindigkeit übergehen, aber die Widerstandskräfte setzen der Bewegung einen Damm entgegen und halten bei einer bestimmten Geschwindigkeit den wirkenden Spannkräften die Waage.

c. Die Wirkung der Vertikal-Flügelspannung.

In Fig. 11, 12, 14 und 16 haben wir uns von der statthabenden Hochspannung der Flügel bis in horizontale Lage überzeugt. Da die Spannungs-Richtung von unten nach oben ging, so muß die Richtung der Ent-Spannungs-Wirkung von oben nach unten gehen, muß also auf die Luftunterlage einen Druck ausüben, und günstig auf den Hub des Vogels wirken. Wir wundern uns häufig über die Leichtigkeit, mit der der Vogel steigt, dieses Steigen ist aber durchaus nicht so schwer als wir meinen.

Als Freiherr von Wechmar mit seinem Flugapparat hervortrat, machte ihm die Kritik den Einwurf,

> „Daß um ein Gewicht (eine Last) zu heben, es nothwendig sei, dieser Last eine Kraft gegenüber zu stellen, welche mindestens um eine Differenziale größer zu sein hat, als der Gravitations-Druck der Last thatsächlich beträgt."

Das ist wohl richtig, aber es giebt eine Methode, mit deren Hülfe man mit geringer Kraft ein bedeutendes Gewicht heben kann. Setzt man z. B. 100 Einheiten (Gewichte) in einen Kahn, auf eine Federwaage oder in einen Eisenbahnwagen, so soll der Kahn, die Waage oder der Wagen durch diese Last um 100 mm. niedergedrückt werden; nehme ich nun *eine Einheit* von der Last hinweg, so hebe ich

dadurch sämmtliche 99 übrigen Einheiten thatsächlich höher. Auch kann ich die ganze Last auf ihrer elastischen Unterlage höher heben, wenn ich die tragenden Federn schärfer anspanne. Ich brauche aber in beiden Fällen, um die ganze Last zu heben, nicht dieselbe Kraft anzuwenden, mit der die Last dem Gravitationsdrucke folgt.

In Fig. 22 ist ein Barrengerüst dargestellt, worauf ein Paar Holzkörper a, die auf einem elastischen Flügelrahmen i hängen, aufliegen. Wenn das Holz unbelastet ist, liegt die hintere Kante c des Rahmens auf, hängt man aber ein Gewicht e von entsprechender Schwere daran, so senkt sich der elastische Rahmen so, daß er mit beiden Längsseiten, also horizontal, auf dem Gerüste liegt. Sobald man aber von diesem Gewichte den geringsten Theil fortnimmt, hebt sich sofort auch die Vorderkante des Flügelrahmens höher und bildet mit dem Horizont einen offenen Winkel.

Genau so ist der Flügel construirt. Sobald die Vogellast die Flügel auf die Luft drückt, werden diese platt auf die Unterlage ihrer Luftsäule aufgepreßt, und liegen in derselben Spannung wie die Rahmen i an dem belasteten Holz in Fig. 22.

Es ist behauptet worden, ein Vogel könne ohne Flügelarbeit nicht steigen; dies ist nicht zutreffend. Ein schwebender Vogel steigt bei einiger Geschwindigkeit sehr gut, und zwar aus denselben Gründen, wie man Lasten auf elastischem Lager heben kann, indem man das Gewicht vermindert oder das elastische Lager schärfer spannt. Zur Hebung gehört bei größeren Vögeln ein offener Flugwinkel. Bei einem Vogel, welcher horizontal schwebt, drückt die Luftsäule unter seinen Flügeln senkrecht von unten mit der reinen Schwerkraft des Vogels, und es sind daher die Flügelflächen bis auf die Schwungfedern auch nur horizontal gespannt. Richtet sich nun der Vogel vorn auf und bietet seiner Bewegungsrichtung einen offenen Flugwinkel um zu steigen, so findet auch eine Hebung, so lange als die lebendige Kraft anhält, statt, und zwar deshalb, weil der Luftdruck nun nicht mehr von unten, sondern schräg von

vorn gegen die Flügelflächen wirkt, und da der Vogel mit der lebendigen Kraft seiner Schwere gegen die Luft drückt, so werden die elastisch gespannten Flügel noch mehr gespannt, sodaß diese sogar unten convex — geschweige denn concav — werden, wie dies im Original der Figur 23 und 12 deutlich sichtbar ist. Diese schärfere Federlager-Anspannung kommt aber einer Lastverminderung und einer Hebung der Restlast gleich. Aber die Flügel erfahren noch einen kleinen Auftrieb dadurch, daß der Luftdruck gegen den schräg aufgerichteten Vogelleib und Schwanz einen Bruchtheil der Vogelschwere trägt. Dies bedingt aber eine Hebung der Restlast, wie bei der Federwaage, dem Schiff und dem Eisenbahnwagen.

Wir sehen sich hier eine spielende Körperhebung vollziehen, die unsere Theoretiker als schwierig berechnet haben, wiewohl ihnen ähnliche Hebungen im alltäglichen Leben nicht so schwer erscheinen mögen.

Der Druck des höhergespannten Federlagers muß bei der lebendigen Kraft des Vogels diesen leicht empor heben, denn die wirkenden Kräfte sind ja größer als die nackte Schwerkraft des Flugkörpers; es kann gar keine Frage sein, daß der Vogel schwebend und sich vorn aufrichtend auch ohne Flügelarbeit steigt, bis seine lebendige Kraft aufgezehrt ist.

Wir wissen aber auch aus alltäglichen Erscheinungen, wie leicht wir uns unsere Körperhebung durch zwei Hülfskräfte machen, wenn wir sie richtig gebrauchen. Diese Hülfskräfte sind zunächst die Schnelligkeit; — wir wissen, daß wir stehenden Fußes nicht über einen breiteren Graben oder eine niedere Hecke so leicht hinwegspringen, als wenn wir einen Anlauf nehmen, also uns erst eine lebendige Kraft verschaffen. Ebenso kommen wir mit Anlauf leichter auf eine Böschung hinauf als ohne diese Schnelligkeit. Reiter und flüchtiges Wild überspringen im Laufe bedeutendere Hindernisse als ohne denselben. Ich sah Springer, die mit Anlauf über einen ausgewachsenen Elephanten, dann über 9 Pferde hinweg-sprangen, — eine Leistung, die wohl mindestens einer Pferde-kraft gleich zu rechnen ist, denn der Gymnastiker hob seine

75 kg. in einer Sekunde höher als 1 Meter. Ohne horizontale Körperbewegung wäre solche Leistung wohl nicht möglich.

Die zweite Hülfskraft ist die elastische Energie in einer Unterlage. So springt man von einem Schwungbrett höher, als von festem Boden, der Seiltänzer schwingt sich auf elastischem Kurzseil im salto mortale herum, ein Kind schaukelt sich auf dem Polsterstuhle auf und nieder, ein Kindesarm hebt ein schweres Gewicht ein Stück auf einer Federwaage hoch. Ein neckischer Mönch, die Gespensterfurcht seiner Umgebung benutzend, schnallte sich Sprungfederschuhe an und vollführte damit mannshohe Sprünge. Und so schnellen auch die kleineren Vögel, besonders Spechte, Finken, Bachstelzen, Sperlinge, Stieglitze, Hänflinge ꝛc. durch den Anprall ihrer elastischen Flügel wie fest auf die Luft gestemmt, sich springend in die Höhe und fliegen in Hüpfsprüngen wellensturzähnlich vorwärts.

So erleichtert jede der beiden genannten Hülfskräfte den Hub von Körpern, aber um wie vortheilhafter müssen nicht diese Kräfte wirken, wo sie vereint zu Gebote stehen, wie beim Vogelflug? — Der Vogel ist das einzige Geschöpf, dem die Natur die Gunst in den Schooß geworfen hat, bei seiner Bewegung in der Luft sowohl von seiner großen Schnelligkeit als der Elasticität seiner Unterlage den ausgedehntesten Nutzen ziehen zu können, und im Stande zu sein, sich in leichtester, ungehindertster Weise zu bewegen.

Die Elasticität der Flugorgane macht den Flügel zu einer meisterhaften Construction, welche sich selbstthätig dem Drucke der Luft zweckdienlich anschmiegt. Auch ist er so construirt, daß er in seitlich ausgestreckter Lage ohne Flügelschlag stets mit seiner Hauptfläche in der Fluglinie liegt, mag der Vogel die Flügelspitze nun vor oder hinter seiner Querachse haben; der Flügel ist in dieser Beziehung ein selbstthätiger Regulator, — die Hauptfläche des Flügels liegt ohne Flügelschlag bei höchster Spannung stets horizontal. — Hierin liegt eine sehr practische Einrichtung der Natur, denn wenn der tragende Theil der Flugfläche nicht in der dem Gleitfluge günstigen

Lage läge, würde er hemmend wirken und der treibenden Flügelspitze die Arbeit erschweren. Nein! es ist praktisch im höchsten Grade, daß die höchste Spannung ohne Flügelarbeit nicht höher liegt als horizontal, und somit dem Zuge der Flügelspitze die Arbeit leicht gemacht wird, denn es kommt beim Fluge durchaus nicht darauf an, einen günstigen Luftwiderstand hervorzurufen, sondern so leicht wie möglich über den Luftwiderstand hinweg zu gleiten, und da ist Alles, was nicht glatt und eben ist, vom Uebel. Der elastische Flügel macht nun den Vogel in der Luft durchaus nicht etwa leichter, auch ist er kein anderer Fallschirm, als andere Flächen, aber der elastisch gespannte Flügel setzt den Vogel in ein leicht löslicheres Verhältniß zu seiner Luftbahn, indem er das Bestreben zeigt, den Flugkörper von seiner Flugbahn immer höher heben zu wollen. Sobald eine elastische Fläche dieser Art während des Schwebens plötzlich um irgend einen Theil entlastet wird, so hebt sich die ganze Restlast höher, wären dagegen die Flugflächen starr, so würden sich diese selbst sogar dann nicht heben, wenn man sie völlig entlastete; — dieser Unterschied spricht doch wohl deutlich genug!

Wir sehen aber, daß wir Menschen mittelst Geschwindigkeit und Elasticität so Vieles vollbringen, was uns ohne beide nicht möglich ist; und wir sehen, daß die Natur beide günstige Eigenschaften zugleich in ein Organ von leichter Bauart gelegt und mit diesem Organ jeden Vogel — in Gestalt seiner Flügel — beschenkt hat; denn in der gespannten Elasticität des Flügels liegt zugleich seine selbstthätige Flugschnelle, und in dieser wieder die leichte Hebung und Bewegung nach allen Seiten. So schließt Alles meisterhaft und exact in einander.

Werfen wir nun noch einmal einen Blick auf den Flügel des Storches in Fig. 23; wir sehen auch hier deutlich die große Spreizfähigkeit der Schwungfedern. In dieser isolirten Stellung muß jede dieser Federn die größtmöglichste Hubwirkung ausüben und das harte Niederlanden des Storches mildern. In derselben Weise spreizen alle Schwebevögel

d a n n die Schwungfedern, wenn sie die Spannkraft derselben auf das Ergiebigste ausnutzen wollen, besonders aber beim spiralförmigen Hochkreisen. Man sieht denn auch, daß bei gespreizten Schwungfedern der Schwebeflug schneller von Statten geht, als wenn sie nicht isolirt erscheinen.

Die isolirte Schwungfederstellung tritt immer mehr hervor, je mehr der Vogel den Flügel nach vorn reckt. Aber auch die übrigen äußeren Flügelrandfedern treten mit ihren Spitzen dabei isolirter hervor und müßten, da sie an einander weniger Halt haben, schärfer aufwärts, also über die horizontale Flugrichtung hinaufgedrückt werden, und müßten demnach hemmen. Dies tritt aber nicht ein, denn hier zeigt sich wieder einmal die Ingeniösität der Natur in hellem Lichte, weil sie das Flugorgan so selbstregulirend eingerichtet hat, daß der hintere Flügelrand sich in dem Maße nach u n t e n, wie sich der vordere Flügelrand nach v o r n begiebt, und so stets eine horizontale Lage des hinteren Flügelrandes aufrecht erhalten wird. Eine Ausnahme hiervon macht selbstverständlich die willkürliche Verstellung des Flügels, die dem Vogel zu jeder Zeit möglich ist.

Bei dieser Gelegenheit mag nochmals darauf verwiesen sein, daß der hintere Rand der S c h w u n g federflächen beim Schweben und mehr noch im Flügelschlag höher liegt, als der vordere Rand, und daher die O b e r fläche der Schwungfeder der Bewegungsrichtung eine hemmende Projection entgegensetzt. Diese Hemmung wird überwogen durch den Luftsäulendruck von unten, denn dieser ist ja bedeutend größer.

Dies darf uns nicht stören. Auch beim Laviren der Segelschiffe tritt genau dasselbe ein, auch hier wird das Segel soweit vom Luftdrucke zurückgedrängt, daß seine hintere Fläche der Bewegungsrichtung eine Projection bietet; es muß also die Luft, welche hinter dem schrägen Segel lagert, stets von der Segelprojection mit fortgeschoben werden, wie wenn ein Pflug die Ackerkrume pflügt, genau so wie diejenige, welche über der oberen Schwungfederfläche liegt; die Erscheinungen

sind hier dieselben wie da, nur ist der Effect des Schwebens in unsern Augen weit größer.

Denken wir uns den Storch in Fig. 23 mit ausgebreiteten Flügeln stehend, so hängen die Flügel schlaff nach abwärts geneigt; wehte nun ein aufsteigender Wind gegen die unteren Flügelflächen mit immer wachsender Stärke, so treten die Flügel allmählig in immer größere Spannung, und sobald der Winddruck eine Kraft von der Größe der Schwerkraft des Vogels erreicht hat, dann ist der Vogel ins Gleichgewicht mit der Luft gesetzt und er wird eben schweben. Ein schwebender Vogel muß daher in gewissem Sinne den Druck eines künstlichen Windes von unten fühlen; dieser Druck ist die von mir als Vertikal-Spannung bezeichnete Kraft.

Denken wir uns die ganze Flügelfläche, auch die Schwungfedern, nur vertikal gespannt und horizontal lagernd den Vogelleib eben nur schwebend erhalten, die Schwungfedern aber so, daß sie in reiner Aufwärts-Spannung doch ihre entsprechende Projection in horizontaler Richtung zeigen, und denken wir uns gegen diese Schwungfeder-Projection plötzlich von hinten einen so starken Wind dagegen wehen, daß diese Federn in eine so große Vorderspannung gedrückt werden, wie sie bei schwebenden Vögeln in der That stattfindet und wie sie die Momentbilder zeigen, so haben wir in den beiden elastischen Spannkräften hier den Druck zweier künstlichen Winde, und zwar in vertikaler und horizontaler Richtung, die den Vogel tragen und treiben. Diese beiden mächtigen Winde werden sofort aus ihrem Schlummer in den Flügeln aufgeschreckt, sobald sich der Vogel in seine Flügel wirft, — nicht der wirkliche Wind trägt den Vogel, sondern der Luftbewohner hat ein paar künstliche Stürme in seinen Flügeln, die in freier Luft stets constant wirken, die er nur nach Belieben durch eigene Muskelkraft, durch Flügelschläge, verstärken kann. Und darin liegt die gewaltige Transportfähigkeit des Vogelflügels, daß diese künstlichen Winde oder die vom Luftdruck hervorgerufenen elastischen Spannungen so constant und ruhelos wirken, und daß der tragende Luftdruck gleich der Schwer-

kraft des Vogels ist, diese Kraft also arbeitet, wenn der Flügel keine Arbeit verrichtet.

Durch den Zug der Vorderspannung in den Flügelspitzen, also in den Schwungfedern, muß in dem Vogel ein Gefühl geweckt sein, als ob ein treibender Wind segelähnlich seine Flügelspitzen nach vorn triebe und seinen Leib mit fortzöge. Und weil dieser Zug in Wirklichkeit seinen Ursprung im Druck der Luftsäule unter den Flügeln hat, so wirkt er stets nach vorn, ob nun wirkliche Winde sein mögen oder nicht.

8. Der Wechsel der Luftsäule unter der Flugfläche.

An Experimenten mit kleinen Fallschirmen habe ich wahrgenommen, daß eine solche Fläche gleichmäßig nach unten fiel sobald Windstille herrschte, sobald aber Wind ging, fiel sie wohl auch mit dem Winde, aber bedeutend langsamer. Hieraus schloß ich, daß, um einen langsamen Fall zu erzielen, es nöthig sei, daß die Luftsäule unter einem Fallschirme nicht dieselbe bleiben dürfe, sondern gewechselt werden müsse.*) Ich

*) Die Anregung zu diesem Gedanken gab mir eigentlich ein fallendes Blatt von einer hohen Pappel. Dieses fallende Blatt fiel nicht wie seine Kameraden sich überschlagend senkrecht zur Erde, sondern umkreiste den Baum in so flachen Spiralwindungen, daß es mehrere Minuten gebrauchte, ehe es die Erde erreichte, während die übrigen fallenden Blätter schon in wenigen Sekunden unten lagen. Ich nahm das interessante Blatt sofort auf, besichtigte es von allen Seiten, hob es hoch und ließ es noch einmal niederfallen, und siehe da! es fiel wie alle anderen Blätter kopfüber zu Boden. Ich nahm es von Neuem auf, bog es meiner Ansicht nach sachgemäß, aber es überschlug sich doch im nächsten Falle wieder. Nun verlegte ich den Stiel-Schwerpunkt und ließ es wieder fallen, und wieder überschlug es sich; kurz und gut, ich konnte es anstellen wie ich wollte, das Blatt flog nicht mehr. Hieraus geht hervor, wie peinlich genau eine

construirte nun einen kleinen Fallschirm aus 2 flügelähnlichen Flächen, welche sich selbstthätig während des Falles drehten und ihre Luftsäulen von selbst wechselten. Hierbei konnte ich beobachten, daß dieser Apparat, im Winde fallend, oft Augenblicke völlig still auf einem Punkte stand. Ich nahm nun 2 solcher Flügel mit entgegengesetzter Drehung, von denen die oberen Flügel etwas länger waren, und fand, daß dieser Apparat noch besser funktionirte; in Fig. 24 ist dieses Apparatchen dargestellt, welches die Eigenschaft besitzt, viel langsamer als ein anderer von gleicher Fläche und gleichem Gewichte zu fallen.

So zeigt denn auch die Beobachtung der Vögel, daß ihre seitliche Bewegung, der Wechsel der Luftsäule unter ihren Flügeln, der beste Hinderungsgrund des Höhenverlustes ist. Um dieses Verschieben ihrer Luftsäule zu bewirken wenn kein genügender Wind ist, beginnen große Vögel zu kreisen. Ist genügender Wind, so schiebt ihnen dieser stets frische tragfähige Luftsäulen unter die Flügel; doch eins ist nöthig, entweder muß sich die Luft oder der Vogel bewegen, e i n e Bewegung ist nöthig. Daher sehen wir, daß Raubvögel häufig sich gegen den Wind richten, dort stillstehen und sich die Luftsäulen unter den Flügeln vom Winde wechseln lassen. Der Vogel wechselt hierbei nicht die Erdluftsäule, sondern nur die Bestandtheile dieser Säule.

Da dieser Luftsäulen-Wechsel das nothwendigste Fallhemmniß ist, so haben wir wieder einmal Grund, die Weisheit der

---

schräge Fläche construirt und in welch genauem Verhältniß zu ihrer Schwere sie stehen muß, wenn sie segeln soll, und ich bin fest überzeugt, hätte während des Abwärtssegelns die Schwere des Stieles durch irgend einen Zufall nur unmerklich zugenommen, wäre das Blatt sofort umgeschlagen und hätte dem Luftdrucke von unten seine nächste Kante zugekehrt. Schräge Flächen dulden während des Gleitens kein Gewicht von geringstem Belang. Die große Fallverzögerung des Blattes lag aber in seiner seitlichen Bewegung, oder wie ich es genannt habe, im Wechsel der tragenden Luftsäule; denn wenn das Blatt selbst nicht umgeschlagen, sondern horizontal gesunken wäre, so würde es doch schon nach Sekunden die Erde erreicht haben, weil es seine Luftsäule nicht wechselte.

Natur zu bewundern, weil sie diesen Wechsel der Luftsäulen selbstthätig durch die Flügelspitzen des Vogels vornehmen läßt, indem diese den Vogel ohne sein besonderes Zuthun von einer Luftsäule auf die andere ziehen. Je schneller die Flügel über die Luftsäulen hinschießen, um so weniger haben diese Zeit, dem Drucke auszuweichen und nachzugeben, und erweisen sich dadurch als widerstandsfähige Stützen. Die Schnelligkeit der Bewegung bringt Vieles zu Wege, was der Langsamkeit unmöglich ist. So hüpfen Geschosse auf einer Wasserfläche hin wie auf der festen Erde, ebenso flache Steine, von der Hand spielender Knaben geworfen, — flüchtiges Wild, flotte Kinder schnellen über dünne Eisdecken hinweg, welche brechen würden, wenn die Bewegungen langsamer vor sich gingen; auf schwimmenden Hölzern, welche lose im Wasser liegen und von denen keins einen Menschen zu tragen vermag, kann man dennoch über die Wasserfläche laufen, wenn der Fuß nur flüchtig die Hölzer berührt. Graf Sandor der durch seine kühnen Reiterstückchen bekannt ist, soll über die Donau geritten sein, indem er von einer schwimmenden Eisscholle auf die andere gesprengt ist. Enten, Schwäne, Wasservögel verschiedener Art laufen vor dem Auffluge auf der Oberfläche des Wassers hin, wobei sie die Flügel schlagen.

Der kleinste Seevogel, die Sturm-Schwalbe, läuft ohne die Flügel auszubreiten auf den Wogen herum. Das größeste Kunststück aber macht eine Eidechse, der Leguan, indem sie auf der Oberfläche des Wassers hinläuft ohne einzusinken. Das Thier ist 5 Fuß lang, bis 10 Pfd. schwer und lebt sonst auf Bäumen, ist also kein Wassergeschöpf.

So zwingt der Vogel durch seine Schnelle die Lufttheile unter seinen Flügeln, ihn auf einen Augenblick tragen zu müssen, aber auch jede Luftsäule ist bestrebt, den Vogelflügel mit seinen Spitzen auf die vor ihr liegende Luftsäule zu schieben, weil sie durch ihren Aufwärtsdruck zugleich die Flügelspitzen vorwärts, also auf die vor ihr liegende Luftsäule schiebt, es ist dies gewissermaßen nur ein Weitergeben des Vogels von einer Säule zur anderen; und wohin er auch eilen mag, jede

Luftsäule schiebt ihn sofort von sich fort, ob diese Säulen nun windan oder windab liegen, das bleibt sich gleich, — jede Luftsäule schiebt ihn selbstthätig von sich weg.

Wir sehen in den Schießbuden der Jahrmärkte öfter einen kleinen Springbrunnenstrahl, auf dem ein Ei oder eine dünne Glaskugel spielt, indem der Strahl die Kugel oder das Ei oben erhält, — so ist eine jede Luftsäule, auf der der Vogel ruht, zu denken, — der Vogel benutzt die Spitze dieser Säule, welche nach oben drückt, um über diesen Druck hinweg zu schießen, und von diesem Drucke geschoben zu werden. Nun sollte man glauben, daß die Schnelligkeit, mit der ein Vogel die Luftsäule unter seinen Flügeln wechseln muß um sein Sinken zu verhüten, bei allen Vögeln gleich sein müßte; dies ist jedoch nicht der Fall. Wir sehen häufig Vögel ruhig und langsam schweben, wo andere mit den Flügeln schlagen müssen. So ist es doch auffallend, daß unsere schwarze Thurmschwalbe oft weite Strecken mit regungslosem Flügel schwebt, und ein viel größerer Vogel, die Elster, nie horizontal schwebt, sondern rastlos und lebhaft mit den Flügeln schlägt; ja es hat sogar den Anschein, als ob die Elster bei horizontalem Fluge sich etwas vorn aufrichtete und der Bewegungs-Richtung einen offenen Flugwinkel böte. —

Eine Betrachtung beider Flügel zeigt denn auch, daß die Thurmschwalbe schmale aber lange, die Elster dagegen kurze und breite Flügel hat; warum sollen nun letztere nicht so gut zum Fluge taugen, als lange, schmale Flügel?

Dies sei an folgendem Beispiel erklärt.

Ein Albatros hat Flügel, die sechs mal so lang als breit sind; sagen wir also sie seien einen Fuß breit und sechs Fuß lang. In Fig. 26 sollen diese Flügel längs neben der Längsachse des Vogels placirt sein, in Fig. 27 dagegen rechtwinklig zur Längsachse. Beide Flügelpaare haben wohl denselben Flächeninhalt, aber nicht dieselbe Schwebewirkung, denn wenn wir die Luft, worauf die Flächen ruhen, belastete Luft nennen und beide Vögel rücken um 1 Fuß, und zwar von Linie b bis a vor, so passiren die Flugflächen in Fig. 26

nur 2 □Fuß unbelastete Luft, nämlich die ersten beiden mit 1 bezeichneten □Fuße, die in Fig. 27 aber 12 □Fuß; da somit die Fläche in Fig. 26 die Lufttheile zu lange belastet, so müssen diese auch leichter nachgeben und sinken, als die Theile, welche Fig. 27 tragen.

Wenn wir die Lufttheile, auf denen die Flügelflächen ruhen, uns als den Querschnitt einer Luftsäule denken, so ist es für den Flug am günstigsten, wenn diese Säule innerhalb einer gewissen Flugstrecke am häufigsten gewechselt wird, weil nach jedem Wechsel eine neue Stütze der Flügel stattfindet, je schmaler daher die Flügel, um so häufiger ist ihr Wechsel in einer Strecke enthalten.

Wollen wir daher die Luftsäule unter den Flügeln in Fig. 26 einmal vollständig wechseln, so müssen wir sie 6 Fuß weit vorschieben, — schieben wir dagegen die Fläche in Fig. 27 6 Fuß weit vor, so ist die Luftsäule unter dieser Flugfläche 6 mal erneuert oder gewechselt; die Flügel haben 6 mal einen neuen unbelasteten Stützpunkt passirt; es haben sich an der Tragung der Flugfläche im letzteren Falle 6 Luftsäulen betheiligt, während die Fläche in Fig. 26 nur von einer Luftsäule getragen ist. — Die Stützkraft oder Tragfähigkeit der Flugfläche in Fig. 27 ist also 6 mal größer als in Fig. 26. Läßt man beide gleich schwere Flugkörper mit gleicher Geschwindigkeit fortschweben, so wird sich der Körper in Fig. 27 bedeutend länger in der Luft erhalten als der in Fig. 26, wiewohl eben Bewegungsgröße, Schwerkraft und Flugfläche ganz gleich sind. Jede Luftsäule übt für sich einen Druck gegen die Fallrichtung des Apparats aus, und da ist wohl einleuchtend, daß der Druck von 6 Luftsäulen die Fallgeschwindigkeit mehr vermindert als e i n e Säule.

Ein anderes Exempel belehrt uns noch über die Masse der Lufttheile, welche sich an der Fallverminderung der beiden in Rede stehenden Flugkörper betheiligen. —

Bewegt sich die Flugfläche in Fig. 26 nur 6 Fuß vorwärts, so passirt jeder Flügel 6, also beide Flügel zusammen 12 □Fuß ruhende Luft, der Flügel in Fig. 27 passirt aber bei 6 Fuß

Fortbewegung 6 mal 6 = 36, und beide Flügel zusammen 72 □Fuß unbelastete Luft. Stellt man beide Flügel-Luftsäulen mit quadratischem Querschnitt dar, so hat die für Fig. 26 rund 3,5 Fuß, dagegen die für Fig. 27 8,5 Fuß Kantenlänge, und die letztere Säule ist sonach tragfähiger. — Aus diesem Grunde glaube ich auch, daß die Behauptung, der Luftdruck gegen eine Fläche sei proportional dem Inhalt der Fläche, nicht überall zutrifft. —

Je breiter somit eine Luftsäule ist, die ein Vogel im Fluge unter den Schwingen hat, um so günstiger ist sie dem Fluge, und daher hat die Mutter Natur auch all ihre Fluggeschöpfe so gebaut, daß sie in freier Luft breiter sind als lang, während sie mit eingezogenen Flügeln länger sind als breit.

Die überwiegende Breite bei Fluggeschöpfen ist auch ein Zeichen überwiegender Schwebefähigkeit und ist es dabei ganz gleichgültig, ob das Geschöpf klein ist oder groß.*) —

*) Seit Jahren ist man — nach Hasso Harden — bestrebt, im Seeschiffbau den Widerstand der zu verdrängenden Wassermasse dadurch leichter zu überwinden, daß man die Fahrzeuge lang und schmal baut. Während man vor 50 Jahren diese Schiffe 6 mal so lang als breit baute, baut man sie heute bereits 11 mal länger als breit, und diese Fahrzeuge legen in der Stunde einen Raum von 33 Kilometer (18 Knoten) zurück. Die Technik wird aber keineswegs bei diesem glänzenden Resultat stehen bleiben, sie arbeitet vielmehr unablässig an einer weiteren Vervollkommnung der Schiffsformen. Man beabsichtigt jetzt nach dem Vorschlage des berühmten Physikers Pictet in Genf Dampfer zu bauen, welche keinen Kiel besitzen, sondern einen breiten Boden und stumpfen Bug. Diese Fahrzeuge sollen also das Wasser nicht durchschneiden, sondern gewissermaßen mit ihren breiten Flächen auf demselben gleiten. Die bisherigen, allerdings nur in kleinerem Maßstabe unternommenen Proben haben einen sehr günstigen Eindruck hervorgerufen; ob sich das Princip, das eine vollkommene Revolution im Schiffsbau bewirken würde, im Großen bewähren wird, ist noch eine offene Frage.

Die Construction Pictet's ist mir leider nicht näher bekannt, es freut mich jedoch, durch meine Naturbeobachtungen zu ähnlichen Resultaten gekommen zu sein. Was ich hier von der Tragfähigkeit verschieden starker Luftsäulen oder Bahnen der Vogelflügel und über das Bestreben der Windströmung, bewegliche Flächen in ihre Richtung stellen zu wollen, gesagt habe, das trifft in noch stärkerer Wirkung bei Wassersäulen und Wasser-

Die beste Drachenform ist daher diejenige, welche Flächen hat wie die in Fig 27, und ich glaube sicher, daß wir einst große Vogelformen als Recognoscirungs-Drachen anwenden werden, was der Ungefährlichkeit der Versuche wegen zuerst auf Kriegsschiffen über Wasser zu versuchen sein würde. In den kleinen chinesischen Drachen haben wir schon annähernd eine richtige Type eines Drachen, der bei höchster Tragkraft die denkbar kleinste Fläche hat, — nur würde ich an dem

---

strömungen zu, weil Wasser specifisch schwerer ist als Luft. Es läßt sich daher nach meiner Schwebetheorie ein Fahrzeug herstellen, das wie ein schwebender Vogel über seine Luftsäulen, so über seine Wassersäulen-Oberfläche hinweggleitet, und dessen hemmender Wasserdruck bei zunehmender Geschwindigkeit immer geringer wird, weil sich das Fahrzeug immer höher aus dem Wasser heraushebt und auf der Oberfläche hinschießt.

Ein solches Fahrzeug müßte ungefähr wie in Fig. 25 darzustellen versucht ist, construirt sein.

Das Fahrzeug ist mehrfach breiter als lang und wird durch 2 oder mehr Schaufelräder, welche an der Stelle der Kreuze a angebracht sein mögen, fortgezogen, wie dies der Pfeil A anzeigen soll. Der Boden des Fahrzeuges — der hinten zwischen den kleinen Pfeilen o eine Verlängerung tragen mag — liegt im Zustand der Ruhe des Fahrzeugs in der punktirten Linie b. Der Schwerpunkt des Fahrzeuges ist so zu fixiren, daß er mehr hinten liegt und nicht etwa nach vorn rutschen kann. Sobald nun die Schaufelräder zu arbeiten beginnen und das Fahrzeug fortziehen, entsteht unter dem Boden desselben eine Wasserströmung, welche gegen die punktirte Linie b in der Richtung des Pfeiles d wirkt, genau so wie der Windstrom gegen die horizontalachsige Wetterfahne in Fig. 7 Tafel I, und wie sich jene Fahne um ihre horizontale Achse drehend in die Strömungslinie legt, so dreht sich das Fahrzeug ungefähr um seine horizontalen Schaufelrad-Achsen und der Boden hebt sich mit zunehmender Schnelligkeit des Fahrzeuges immer höher und hat das Bestreben, sich in die Strömungslinie der Wasseroberfläche stellen zu wollen. Von diesem so gewissermaßen schwebenden Fahrzeuge gilt während des Dahingleitens dasselbe, was ich von Fig. 26 und 27 gesagt habe; das Fahrzeug darf nicht längs wie Fig. 26, sondern quer wie Fig. 27 über seine Wassersäule gleiten wenn es ausgiebigen Erfolg erzielen soll.

Wenn daher Pictet sein Fahrzeug längs fortbewegen will wie in Fig. 26, so wird es sich ja auch mehr oder weniger aus dem Wasser herausheben, aber wahrscheinlich noch eine ziemlich bedeutende Projection des Bodens im Wasser behalten; die größesten Resultate bei geringstem Kraftverbrauch können nur dann erzielt werden, wenn die hemmende Projection

Schwanztheil ein Kreuzsteuer anbringen, das der Wind sowohl in vertikaler wie horizontaler Lage in seinem Striche zu erhalten bestrebt ist und somit Schwankungen verhindert. Ein Kreuzsteuer kann man sich dadurch herstellen, wenn man z. B. aus den in Fig. 6 dargestellten vertikalen, und in Fig. 7 gezeichneten horizontalen Wetterfahnen-Flächen ein durch ihren Querschnitt sich ergebendes Kreuz bildet. Mit anderen Worten, die obere Hälfte der Fläche von Fig. 6 kommt auf die Fläche in Fig. 7 zu stehen, während die untere Hälfte von Fig. 6 unter Fig. 7 zu hängen kommt; sieht man diese Flächen von vorn oder hinten, so sieht man eine Kreuzfigur. Solch ein Kreuzsteuer hält vertikalen wie horizontalen Windstrich und wird gute Dienste leisten bei Fesselballons, welche immer bei stärkerem Winde so lange größeren Schwankungen ausgesetzt sind, als man daran festhält, die runden Gasbälle, statt ein Fahrzeug der Combinirung von Ballons mit Drachenfläche oder etwas Aehnliches zu verwenden.

Vor kurzer Zeit brachten die Zeitungen folgende Nachricht:

„Daß Papier-Drachen nicht nur als Spielzeug der Jugend verwendbar sind, hat bekanntlich schon Franklin bewiesen. Neuerdings sind nun in London von Douglas Archibald Experimente gemacht worden, welche den Drachen in den Dienst der militärischen Beobachtung stellen sollen. Die Erfahrung

---

fortgeschafft wird, da sich im ersteren Falle das Schiff gleichsam stets bergan fortbewegen müßte.

Es handelt sich hier nur um Festlegung von Gesichtspunkten und nicht um maßgebend sein sollende Constructionen; ich glaube aber, daß vorstehend im Grundriß gezeichnete Schifftype für Frachtschiffe weniger geeignet sein möchte als für Kreuzer, Depeschen- oder Courir-Schiffe, bei denen es nur auf Schnelligkeit und Zeitersparniß ankommt, — doch bin ich auch der Meinung, daß wenn ein solches Schiff so wenig als möglich belastet ist, es bei gleicher Maschinenkraft bedeutend mehr Raum zurücklegt als jeder andere Schiffstyp, und sich hiermit Geschwindigkeiten erzielen lassen, die denen der Vögel kaum etwas nachgeben, wenn nicht gar überlegen sind. Zudem würden diese Fahrzeuge das Gute an sich haben, im flachen Küstenwasser Dienste leisten zu können, sobald sie einmal in flotter Fahrt sind wie solches für Kriegs- und sonstige Zwecke von Vortheil sein kann.

hat gelehrt, daß die Fessel-Ballons (ballons captifs) im Krieg nur selten angewendet werden können, wegen ihrer großen Empfindlichkeit gegen den Wind. Sobald die Geschwindigkeit der Luftströmung 30 Kilometer per Stunde erreicht, was sehr häufig geschieht, wird der Ballon ein nutzloses Ding. Das hat Archibald auf die Idee gebracht, den Ballon durch den Drachen nicht zu ersetzen, sondern zu unterstützen, und es ist ihm gelungen, den Ballon anzuwenden bei einem Wetter, das ihn zuvor unmöglich machte. Die beigefügten Drachen geben dem Ballon nicht bloß größere Ruhe und Festigkeit, sondern vermehren auch dessen Steigkraft und vermindern auch den Verbrauch an Gas. Der Militärdrache ist aus Seide, die über ein Kreuz von Bambusstöcken gespannt ist, und entspricht an Größe dem Ballon, dem er dienen soll. Experimente haben ergeben, daß man einen Ballon mit Drachen an 330 Tagen im Jahre benutzen kann, ohne Drachen nur an 100 Tagen. Ferner haben die Experimente, die im militärisch-aeronautischen Arsenal in Chatam gemacht wurden, die Vermehrung der Steigkraft genau bestimmt. Ein kleiner Ballon von 100 Kubikfuß Rauminhalt hob nur ein Gewicht von 4 Pfund; mit Hülfe eines Drachen hob er einen Ballen von 1000 Fuß Stahldraht sammt einem Militärmantel von 10 Pfund Gewicht. Wiederholte Versuche haben ergeben, daß ein Ballon von 2000 Kubikfuß Inhalt mit Leuchtgas gefüllt und mit einem entsprechenden Drachen versehen bei einer Briese von 20 Meilen Geschwindigkeit das nämliche Gewicht hebt, wie ein Ballon von 4500 Kubikfuß Inhalt ohne Drachen. Mr. Archibald hat auch versucht, mehrere Drachen an einander zu koppeln, immer den schwereren an den leichteren, und damit solche Resultate erzielt, daß er sich anheischig macht, durch sein System verkoppelter Drachen in 20 Minuten einen Mann so hoch hinauf zu bringen, daß er bequem die Bewegungen des Feindes beobachten kann, und zwar bei einem Wind von 30 bis 50 Kilometer Geschwindigkeit, gegen den kein Ballon aufkommen würde. Für den Fall, daß der Beobachter feindlichen Kugeln ausgesetzt sein würde, schlägt Archibald vor, daß

man an seiner Stelle einen photographischen Apparat aufsteigen läßt, der ein Momentbild der feindlichen Stellung aufnimmt."

In einigen Zeitungen erschienen Notizen, daß dies keine englische, sondern eine deutsche Erfindung und dem Herrn Carl Schultz in Berlin schon im Jahre 1887 durch Patente geschützt sei.

Ich sandte an jene Zeitungen eine Berichtigung, indem ich hervorhob, daß die Combinirung von Drachenflächen mit Ballons mir bereits im Jahre 1881 in Deutschland, Oesterreich-Ungarn, Frankreich, Belgien und England patentirt sei. Doch hielten es diese Zeitungen nicht der Mühe werth, diese Berichtigung zu veröffentlichen, obgleich ich ausdrücklich betonte, daß ich weit davon entfernt sei, etwaige Verdienste des Herrn Carl Schultz schmälern zu wollen, und ich nur zur Steuer der Wahrheit die Veröffentlichung anheimgäbe.

Ueber diese Idee der Verwendung von Drachenflächen in der Luftschifffahrt habe ich mich in der Zeitschrift des deutschen Vereins zur Förderung der Luftschifffahrt in Berlin zu verschiedenen Malen ausgesprochen, habe auf den großen Vortheil, den die Dienste der Flächen in der Flugfrage gewähren müssen, aufmerksam gemacht und habe vorgeschlagen, Flächen mit Ballons zu combiniren.

So schrieb ich auf Seite 266, Jahrgang 1882 der Zeitschrift für Luftschifffahrt über das von mir projectirte Fahrzeug:

„Das Fahrzeug wird den Uebergang aus einem drachenähnlichen Standballon zum lenkbaren Luftschiff und aus diesem in einen Flächenflugapparat der Zukunft erleichtern.

Es erschien nothwendig:

1. Die Bildung einer verstellbaren Fläche, weil alle Luftbewohner sich des Dienstes schräger Flächen bedienen.
2. . . . . Der Hauptkörper besteht aus einem tafelähnlichen Fallschirm von leichten Metallrippen, zähem Holz oder Bambus und Rohr nebst Webstoffen . . . . und ist diese Fläche mit Gasbehältern beschnallt, welche die Form breitgedrückter Cylinder haben.

3. . . . .
4. Man hat somit einen stets ausgebreiteten Fallschirm, und die Garantie, nicht von einer Katastrophe überrascht zu werden,
5. die durch den Fallschirm gebildete schräge Fläche trägt während der Fahrt einen Theil der Last des Fahrzeugs,
6. durch die Verlegbarkeit des Schwerpunktes ist die Fallschirmfläche verstellbar und vermittelt die Steuerung in der Diagonale,
7. durch die schräg aufgerichtete Fläche kann die Kraft des Windes ausgenutzt werden, sofern man das Fahrzeug als drachenähnlichen Standballon für militärische Zwecke benutzen will,
8. bei zunehmender Vervollkommnung der Maschinen können die Ballons auf ein Minimum beschränkt, dagegen kann die Fallschirmfläche erweitert und so das Fahrzeug dem Flugapparat allmälig genähert werden.

Das Fahrzeug wird um Etwas überlastet, höchstens aber in tiefer Luft schwimmen, nicht steigen.

Seite 314 heißt es dann:

Daß der Dienst der Fläche beim Fluge eine hervorragende Rolle spielt, und auch nicht von der Luftschifffahrt übersehen werden darf, davon sprechen die Vogelflügel und Schwänze, denn die Fläche ist ja bei den Vögeln der Hauptträger der Schwere, während alle Fortbewegungskräfte nur das Weiterschieben der Last auf der Fläche bewirken."

Auf Seite 22—25 des Jahrgangs 1883 der genannten Zeitschrift schrieb ich über „Drachenballons für Kriegs- und Expeditionszwecke":

„Nach meiner Ansicht muß ein Drachenballon, wenn er für ein Kriegsheer brauchbar sein soll, vor allen Dingen so handlich und klein als möglich sein, er muß in kürzester Zeit gefüllt und klar zum Fluge gemacht werden und von dem einzigen Insassen bequem gesteuert und in der Gewalt behalten werden können, während er andererseits auf der Erde von einem Fahrer oder entsprechend ausgerüsteten Reiter, der sich

in der Nähe des Höchstkommandirenden aufzuhalten hat, bewegt und gehalten werden kann. Wenn der Apparat wahrhaft brauchbar sein soll, so muß er nicht allein als bloßer Standballon beim Vorpostendienst, sondern auch beim Avant- und Arrière-Garden-Dienst und in der Bataille voll wechselnder Chancen gebraucht werden können. Dies kann man aber billigerweise von so großen runden Gasbällen nicht verlangen. — Bei Anwendung runder Gaskörper hat man zwei Kräfte, welche ununterbrochen im heftigsten Kampfe liegen und um die Herrschaft über die Stellung des Ballons streiten, sofern nicht etwa Windstille ist. Diese beiden Kräfte sind die vertikal wirkende überschüssige Steigkraft des Ballons und die horizontal wirkende Windsäule, welche gegen eine Seite des Ballons wirkt. . . . .

Wenn daher der Ballon nicht sehr große Steigkraft hat, so hat ein starker Wind leichtes Spiel mit ihm. Freiherr vom Hagen erzählt, daß ein Ballon von 10 Meter Durchmesser und einer überschüssigen Steigkraft von 400 kg., welcher von 30—60 Mann gehalten wurde, vom Winde an die Erde gedrückt worden ist und einen Riß bekam. Man sieht, daß der Wind ein Feind einer derartigen Unternehmung ist. Wie anders ist es aber bei der Construction des von mir projectirten drachenähnlichen Fahrzeugs, da ist der Wind nicht nachtheilig, sondern ist ein starker Gehülfe, dieselbe Luftsäule, welche den Ballon zur Erde zwingt, hebt hier das Fahrzeug zur Höhe, dieselbe Kraft, welche zu ihrer Bekämpfung eine enorme überschüssige Kraft verlangte, macht hier diese Kraft der Steigung nicht nur entbehrlich, sondern gestattet im Gegentheil noch Uebergewicht, derselbe Wind, der dort zu seiner Bekämpfung hohe Ausgaben forderte, erspart hier viele Kubikmeter Gas und greift fördernd ein; sind das nicht der Vortheile genug? — Bei richtiger Benutzung des Windes trägt aber dieser Druck noch zur ruhigen Stellung dieses Fahrzeuges sehr wesentlich bei. . . . .

Durch die Verstellbarkeit des Steuers und der Fallschirmfläche kann aber der Insasse dem Apparat eine sehr ausgedehnte,

allseitige, flotte Bewegung geben, wobei der Windstrom dieselben Dienste leistet, wie der Wasserstrom bei Bewegung fliegender Fähren. Der Apparat wird mit Schnelligkeit auf-, ab- und seitwärts bewegt werden können, ohne daß der Standpunkt der Steigeleine auf der Erde verändert zu werden braucht.

Man wird aus Vorstehendem ersehen, daß die Archibald'sche Idee nicht neu, mir aber insofern erfreulich ist, weil sie praktisch darthut, was ich neun Jahre früher erreicht haben würde, wenn ich hätte unterstützt werden können, denn ich selbst war nicht im Stande, das Geld zu den geforderten Versuchen opfern zu können.

Ob wir es so weit bringen werden, gaslose Drachen für Kriegszwecke zu verwenden, muß erst die Zukunft lehren, daß Drachenflächen mit Ballons praktisch für diese Zwecke sind, ist nunmehr bewiesen; jedenfalls sind solche Drachenballons auf jeden Fall — ob Wind ist oder nicht — verwendbar.

Drachenflächen ohne Ballons sind für größere Höhen jedenfalls nicht tauglich, weil mit zunehmender Höhe sich der offene Flugwinkel der Drachenfläche verkleinert und der Drache an Hubkraft dadurch abnimmt. Die Halteleine wird dem Vorderdrachen immer schwerer und zieht ihn vorn immer tiefer, infolgedessen hebt der Windstrom den Hinterdrachen immer mehr in seinen Strich, und liegt die ganze Drachenfläche im horizontalen Windstriche, so ist, — wie ich mich früher ausgedrückt habe — der Wind zufrieden gestellt, und er verleiht der Drachenfläche keinen Hub mehr, sondern nur noch eine gewisse Tragkraft. Eine im Windstriche horizontal lagernde Fläche wird aber mit ihrer Last sinken, sich aber auf keinen Fall heben oder in der Höhe halten. Wir haben in der Hubthätigkeit einer schrägen Drachenfläche eine ebenso rastlose Kraftwirkung, wie die elastische Flügel-Spannkraft der Vögel.

Die schräge Windfläche wirkt solange hebend, als sie ihre Ruhelage im horizontalen Windstriche n i ch t findet, und die elastische Horizontal-Spannkraft der äußersten Flügelfläche wirkt so lange fortbewegend, als sie ihre E n t-Spannung

nicht gefunden hat, — also bis zum Niederlassen des Vogels auf die Füße.

Beide, der Schwebeflug der Vögel und der Drachenflug haben insofern etwas Gemeinsames, als bei beiden solche Kräfte die Wirkung unterhalten, die nicht das erstrebte Ziel erreichen. Der Drache fliegt dadurch, daß der Wind sein Streben, den Drachen in die horizontale Windrichtung stellen zu wollen, nicht erreicht, und die Schwebebewegung dauert deshalb ununterbrochen fort, weil die horizontale Flügelspitzen-Spannkraft ihr Bestreben, sich zu entspannen gleichfalls nicht erreicht; die Nichtbefriedigung der Kräfte ist die Ursache ruheloser Flugbewegung, und nur hierin gleichen sich Drachen- und Schwebeflug.

Kehren wir zu unserer Flugflächenform zurück.

Wir sehen, daß Flügelflächen wohl von gleicher Größe, trotzdem aber von verschiedener Tragfähigkeit sein können. Nennen wir die schattirt markirten Flügelwege: die Luftbahn, so kommen wir zu dem Satze,

> eine lange, schmale Flugfläche ist tragfähiger als eine kurze, breite desselben Flugareals, weil sie eine breitere Luftbahn, und somit mehr ruhende, tragfähigere Luft passirt.

Wir sehen auch auf weichen Feldwegen und Aeckern, daß breite Wagenräder und Walzen nicht so in den Boden schneiden oder sinken, wie schmale.

Zudem liegt in langen, schmalen Flügeln mehr elastischer Spielraum als in kurzen breiten, wie denn auch in einer schlanken Ruthe mehr Biegsamkeit steckt als in einem kurzen Stocke.

So erklärt es sich denn, daß alle Vögel mit langen, schmalen Flügeln so gute Schwebevögel sind, deren Flugbewegung ohne Flügelschlag theilweis von den Naturforschern sehr gerühmt wird. So schreibt Brehm, Band 5, Seite 5 über die Geier im Allgemeinen:

„Der Flug wird durch einige rasch aufeinander folgende hohe Sprünge eingeleitet. Hierauf folgen mehrere langsame

Flügelschläge. Sobald die Vögel aber einmal eine gewisse Höhe erreicht haben, bewegen sie sich fast ohne Flügelschlag weiter, indem sie durch verschiedenes Einstellen der Flugwerkzeuge sich in einer wenig geneigten Ebene herab senken oder aber von dem ihnen entgegenströmenden Winde wieder heben lassen. So schrauben sie sich, anscheinend ohne alle Anstrengung in die ungeheueren Höhen empor, in denen sie dahinfliegen, wenn sie eine größere Strecke zurück legen wollen.

Ungeachtet dieser scheinbaren Bewegungslosigkeit ihrer Flügel ist der Flug ungemein rasch und förderud. . . . . Der Bartgeier fliegt auch streichend äußerst schnell, unter laut hörbarem Rauschen seines Gefieders dahin, ohne jeden Flügelschlag. . . .

Beim Wegfliegen erheben sich die Kondore durch langsame Flügelschläge; dann schweben sie gleichmäßig dahin ohne einen Flügel zu rühren. Der Kondor ist ein stolzer Vogel wenn er mit ausgebreiteten, fast regungslosen Schwingen sich in den Lüften wiegt.

Vom Gabelweih erzählt Brehm, daß er viertelstundenlang aufwärts schwebe ohne Flügelschlag.

Als Vögel mit schönem Schwebevermögen sind noch zu nennen:

Der Schwebeweih, der Schwalbenweih, der Fregattvogel, der Eissturm-Vogel, die Raubseeschwalbe, die Riesen-Raubmöve, der Tropikvogel, der Wespenweih, die Silbermöve, die Flaggen-Nachtschwalbe (Cosmetornis vexilarius) Klecho — Baumsegler — (Dendrochilidon longipennis) der Nachtfalk (Chordeiles virginianus), der Mauersegler (Cypselus apus), der Alpensegler (Cypselus melba), der Sappho-Kolibri (Sparganura Sappho), und Salangan, sowie die sämmtlichen Raubvögel. Doch der König aller Flieger ist der Albatros. Dieser Vogel vereinigt alle jene guten Eigenschaften in sich, die ich als Grundelemente für einen guten Flug bezeichnet habe, denn er hat eine bedeutende Schwerkraft, infolgedessen auch eine große Flügel-Spannkraft, und davon ist wieder die Folge ein schneller Flug, und nun noch die schmalsten und längsten Flügel; dafür ist er aber auch mit dem herrlichsten

Schwebefluge gekrönt, der eine Ausdauer hat, welche in Erstaunen setzt. Ein solcher Albatros soll 3 Tage und Nächte ein im Sturme segelndes Schiff umkreist haben ohne sich zu setzen. Man munkelt sogar, daß er während des Fluges öfter ein Schläfchen mache.

Doch lassen wir einmal Paul Fehling sprechen:

„Man weiß, daß der Albatros, der herrlichste aller Flieger, bei ruhigem Wetter etwa 4—5 Minuten, bei heftigem Winde dagegen nur alle 7 Minuten ein einziges Mal mit den Flügeln zu schlagen braucht. Es giebt kaum etwas Wunderbareres als den Flug dieses Vogels. Er fliegt nicht, er schwimmt durch den Aether. Wie durch Zauberkraft getragen, gleitet er, sich bald auf diese, bald auf jene Seite legend, dahin. Ob kein Lüftchen die sonnenbeschienenen Fluthen trübt, oder ob Sturm die Wogen peitscht, ihm gilt es gleich. Er fliegt mit derselben Leichtigkeit und Gewandtheit über die glatte Fläche, wie über die schaumbedeckten Spitzen der tobenden Wellen und wieder in deren Thäler hinab. Ohne Flügelbewegung schwebt er dahin, ob mit dem Winde ziehend oder gegen ihn ankämpfend."

Fehling sagt weiter:

„Fabelhaft ist die Höhe, zu der viele Raubvögel sich emporzuschwingen vermögen. Diejenigen unter ihnen, die mit der herrlichen Gabe des Kreisens bedacht worden sind, gleiten wie von einer unsichtbaren Kraft getragen dahin. Man bemerkt keine Kraft-Anstrengung, keine Flügelbewegung ihrerseits und dennoch steigen sie ruhig, gleichmäßig und schnell zu Höhen auf, in denen sie das menschliche Auge vergeblich sucht." —

Humboldt erzählt:

„Es ist staunenswerth, wie sich der Kondor schätzungsweise 48000 Fuß hoch über den Meeresspiegel erheben und dort stundenlang schweben kann. Sein Flug ist ungemein schnell und anscheinend anstrengungslos, da man an den 14 Fuß weit ausgespannten Flügeln keine Bewegung wahrnimmt."

Die Gartenlaube von 1863 schreibt Seite 366 über den

weißköpfigen Adler, der von den Indianern wegen seiner Stärke verehrt wird:

„Seine Flugkraft möchte schwer zu übertreffen sein; die Bewegung seiner Schwingen, wenn er weite Distancen zurücklegen will, ist regelmäßig, wie die Schwingungen des Pendels, und wenn er sich in Schraubenwindungen blitzschnell zum Firmament hinauf arbeitet, stehen die Flügel fast unbeweglich im rechten Winkel vom Körper ab, während der weißglänzende Schwanz die Bewegung eines Steuers nachahmt."

So stimmen auch alle namhaften Forscher darin überein, daß es dem Albatros gleich sei, ob es stürme oder windstill sei, er bliebe im Fluge stets der Gleiche; dieser Meinung sind Brehm, Tschudi, Gould, Welcker, Frauenfeld, und der letztere meint, daß der Albatros im Laufe eines Tages 720 Seemeilen zurücklege.

Wenn wir solche Berichte über so großartige Flugleistungen lesen und finden, daß fast kaum erwähnenswerthe Flügelschläge dabei beobachtet werden, so ist dies doch wohl ein Zeichen, daß beim Fluge Flügelschläge nicht die Hauptsache sein können.

Wenn dagegen heftige Flügelschläge ausgeführt werden und somit die Fluggeschwindigkeit sehr groß wird, wie dies bei unsern Brieftauben und Seevögeln der Fall ist, so gestattet diese Schnelligkeit, daß die Flügelspitzen hinter die Oberarmflächen der Flügel gelegt werden können und noch die Tragfähigkeit der Lufttheile benutzen, die vom vorderen Flügel belastet gewesen sind, und so sieht man denn auch alle sehr schnell fliegenden, besonders gegen heftigen Wind anstürmenden Vögel mit der Flügellage in Fig. 27a fortschießen, während langsam schwebende Vögel sich eine breite Flugbasis nehmen müssen und die Flugflächen so ausbreiten, wie die punktirte Form zeigt.

Alle Vögel aber, die mit gutem Schwebevermögen ausgestattet sind, und die besonders hier Erwähnung fanden, sind Vögel mit langen schmalen Flügeln.

Der Grund, warum gerade der Wechsel der Luftsäulen so fallverhindernd wird, scheint manchem Mathematiker sehr un-

klar zu sein, denn man findet in den neuesten Fachschriften in dieser Beziehung Fallschirmtheorien aufgestellt, die mit der natürlichen Flugmechanik ganz und gar im Widerspruch stehen.

Man weist da wissenschaftlich nach, daß ein horizontal gelagerter Fallschirm am langsamsten zur Erde kommt; selbst wenn man damit segeln würde, bliebe man nicht länger oben, es sei denn, Windkraft käme zu Hülfe. Man rechnet mit Winddruck, der rechtwinkelig und schräg eine Fläche trifft; mit einer Fläche, welche gar keinen Winkel mit ihrer Bewegungsrichtung bildet, scheint man nicht zu rechnen; und darin ruht gerade die günstigste Wirkung.

Ferner scheint man zu glauben, daß eine Bewegung einer Fläche in ruhiger Luft etwas anderes sei, als dieselbe Luftbewegung (also Wind) gegen eine ruhige Fläche; wiewohl doch der Effect der Gleiche ist. — Flugbewegung ist Wind!

Physikalisch bleibt sich die Luft gleich, ob sie ruht oder sich bewegt, aber mechanisch ist das nicht gleich. Sie hat daher gleiche Segelkraft, ob man eine Fläche gegen ruhende Luft bewegt, oder die Luft bewegt sich gegen eine ruhende Fläche; daher ist seitliche Bewegung in der Luft gleich Wind! Ein Fallschirm, der segelnd seitwärts bewegt wird, muß daher auf alle Fälle länger in der Luft verharren, als wenn er senkrecht fällt.

9. Die Hülfskräfte des Vogels zur Unterhaltung des Fluges.

I. Die bewußte (aktive) Muskelthätigkeit.

a. Der Flügelschlag.

Der Flügelschlag nimmt unter den Hülfskräften des Vogels die vornehmste Stelle ein, weil er völlig unter der Herrschaft des Willens steht und zur Erhöhung der schon vorhandenen Flugkraft dient. Die schon vorhandene, sich aus der Schwer-

kraft-Spannung ergebende Flugkraft steht insofern nicht unter der Herrschaft des Willens, als der Vogel sie in der Stärke verwenden muß, wie sie von der Schwerkraft bedingt ist; der Vogel kann sich aber nicht schwerer und leichter machen als er nun einmal ist. Die Stärke oder Schwäche des Flügelschlages ist in das Belieben des Vogels gestellt, und von dieser Wirkung hängt denn auch die Spannung des belasteten Flügels ab, und wir dürfen als feststehenden Satz annehmen:

> der Flügelschlag erhöht nur die schon vorhandene Flugkraft in willkürlicher Stärke, ist aber nicht der Erzeuger derselben.

Der Flügelschlag hat nicht, wie Viele irrig meinen, einen Hub des Vogels zum Zweck, und die Flügelschläge sind nicht Luftstufentritte, die ihn wie den Menschen die Leiter hoch heben, sondern der Flügelschlag wirkt nur auf die Fortbewegung, nur in der Richtung der Längsachse des Vogels. Man mag Beobachtungen bei allen Vögeln anstellen, man wird stets finden, daß der Vogelleib sich beim Flügelschlag hebt, aber beim Ausholen zum nächsten Schlage wieder genau um den vorigen Hub sinkt.

Ich habe gerade mit besonderer Sorgfalt die Wirkungen der Flügelschläge studirt und gefunden, und zwar sehr häufig bei neben einander fliegenden Raben, daß lebhaftere Flügelschläge nur die horizontale Geschwindigkeit des Vogels erhöhen. Daß aber der Vogel mit einer großen horizontalen Geschwindigkeit leichter zu steigen vermag als mit langsamem Flug, das ist ja selbstverständlich; die Hebung des Vogels geschieht stets am leichtesten mit Hülfe horizontaler Geschwindigkeit. Das schließt aber durchaus nicht aus, daß Vögel sich auch ohne Flugschnelle direkt senkrecht hochheben; dies sind jedoch nur meist die kleinen Schwirr- und Flattervögel im Stande, große Vögel können sich senkrecht nicht erheben.

Nehmen wir einen 1000 Meter tiefen Schacht, welcher so viel lichte Weite hat, daß kein großer Vogel mit ausgebreiteten Flügelspitzen die Schachtwandung berührt, und wir setzen von jeder Vogelgattung einen unten in den Schacht, so würden

nur die kleinen Schwirr- und vielleicht noch die Flattervögel, also die bis zu Taubengröße herauskommen, weil diese Thiere in dem Schachte kreisend aufsteigen können, von den größeren Vögeln würde wohl keiner an's Tageslicht kommen; würde aber für jeden Vogel dieser Schacht so eng gestellt, daß der Vogel wohl mit seinen Flügeln frei schlagen, sonst aber nur in senkrechter Linie zum Schachte hinauskönnte, dann würde sicher kein Vogel sich mit seinen Flügeln aus dem Schachte erheben, weil

1. der Vogel die Luftsäule unter den Flügeln nicht wechseln kann,
2. der Flügelschlag nicht auf den Hub, sondern auf die Fortbewegung der Längsachse des Vogels wirkt,
3. sich deshalb der Vogel so weit aufrichten muß, daß seine Längsachse senkrecht aufgerichtet steht, in dieser Stellung aber die vortheilhafte Flügelspannung verloren geht, sodaß dem Vogel die tragende Flächenbasis fehlt.

Ich beobachtete einmal einen Sperling, der an dem Gewände eines Hauses senkrecht hochflog. Die Hubbewegung wurde immer langsamer, endlich begann der Vogel seine gerade Bahn zu verlassen, bildete eine kleine Spiralbahn, und endlich wollte es auch damit nicht mehr gehen, denn das Thier ließ sich, nur noch Armeslänge vom Dache entfernt, abwärts gleiten.

Ein zweites Mal beobachtete ich in einem Abzugsschloote von 11 Meter Höhe und einer lichten quadratischen Fläche von 2 Meter einen Sperling, der vorher von Arbeitern in einem Gebäude umhergejagt war. Nachdem das Thier bereits sehr abgetrieben und ermattet war, betrat ich den Raum, untersagte den Leuten das Jagen und machte dem Vogel den Weg nach oben frei; er flog denn auch sofort in dem Schloote in schräger Linie hoch, doch sein Flug nahm allmälig einen spiralförmigen Weg an, obwohl der Thurm viereckig war, und so kam er langsam hinaus.

Der Vogel hätte vielleicht die Ecken ausfliegen können, ähnlich wie man bei der Kavallerie darauf hält, daß auf der

Reitbahn die Ecken ausgeritten werden, aber wenn der Vogel in seinem Fluge Ecken machen soll, würde er ja in jeder Ecke seine Luftsäule länger unter seinen Flügeln behalten, als ihm zur Gewinnung von Höhe dienlich wäre; im Kreise fallen diese Ecken fort.

Man sieht hieraus sehr deutlich, daß dem Fluge eine horizontale Lage der Flügel ebenso günstig ist, wie ein Wechsel seiner Luftsäulen, und daß der Schlag des Flügels beide nicht ersetzen kann, wenn sie fehlen.

Ich möchte hierbei bemerken, daß die kleinen Schwirr- und Flatter-Vögel, welche ungemein schnelle Flügelschläge ausführen, sich ja leichter senkrecht heben können als große Vögel, zumal mit horizontalem Fluganlauf, aber für uns Menschen sind doch mehr die großen Vögel maßgebend, und da sieht es mit dem wirklichen, d. h. dem senkrechten Hub des Vogels sehr schlecht aus.

In Fig. 28 bewegt sich der Flügelschlag des Vogels in der Vertikalen a b und die Längsachse des Vogels von d nach c; so steigt der Vogel in seichter Diagonale bis zu Höhen auf, wo der Kondor kaum als Punkt erscheint; in der Stellung Fig. 29 aber, wo die Linie e f die Horizontale bildet, kann sich weder der Storch, der Kondor, der Albatros, die Gans, noch die Fledermaus, der Flughund, die Thurmschwalbe, der Mauersegler und verschiedene andere Vögel erheben. Ist das nicht geradezu eine Ironie des Schicksals, wenn Vögel, deren gewaltige Flugleistungen uns zur Bewunderung hinreißen, nicht einmal von der Stelle auffliegen können? Wo bleibt denn da die Kraft der vielgerühmten Flügelschläge? Und wo bleibt hier die mechanisch-mathematische Wissenschaft mit dem Satze:

> es bedürfe ganz gleicher Kräfte, ob man eine Last senkrecht oder diagonal in derselben Zeit zu einer gewissen Höhe hübe? —

Die Erfahrung lehrt, daß der Vogel mit eigener Kraft seine Last diagonal hebt, dagegen fehlt ihm völlig die Kraft, dieselbe Last vertikal zu heben! — Will es nicht scheinen, als

ob mancher wissenschaftliche Satz in der Flugmechanik gar keine Geltung habe? — Hier soll der Flügel wie Hubschrauben wirken. Ich halte Hubschrauben als Lastheber in der Flugmechanik für die ausschweifendste Kraftvergeudung.

Man kann diese merkwürdige Erscheinung nur mit Hülfe der hier niedergelegten Flug- und Spannungs-Theorie erklären, denn es ist unzweifelhaft richtig, daß mit zunehmender Entfernung des Flügels aus horizontaler Lage die günstige Flugspannung desselben abnimmt.

Man sieht aber bei dem Vogel in Fig. 29 sehr deutlich, daß er in jener Stellung mehr auf seine aktive Muskelarbeit angewiesen ist, und wenn die so stark wäre, wie die unbewußte Muskelkraft, dann würde sich auch der Vogel erheben können in der gezeichneten Stellung; — er kann es aber thatsächlich nicht, ja selbst eine lebhaft mit den Flügeln arbeitende Taube kann sich in einer Stubenecke nur Sekunden auf einer Stelle halten, und fällt trotz Flügelarbeit zu Boden, weil hier der Wechsel der Luftsäule fehlt. —

Gefangene Albatrosse sind auf das Deck eines Schiffes gesetzt, damit sie fortfliegen sollten; da die Thiere aber keine Anstalten dazu trafen, so sollten sie dazu mit kleinen Stockschlägen angehalten werden, aber auch dennoch flogen die Thiere nicht auf, als man sie aber auf das Geländer des Schiffes setzte, ließen sie sich abwärts in die Flügel fallen und schwebten davon.

Indianer pflegen in kleine umzäunte Gärten Aas zu werfen, es setzen sich dann Kondore darauf, sättigen sich, und können nicht auffliegen, weil sie keinen Anlauf in dem Gärtchen nehmen können, der die Luftsäulen ihrer Flügel so wechselt, daß ihr Erheben möglich ist.

„Die Natur" schrieb vor einem Jahre etwa, daß ein Gelehrter Untersuchungen über die Ursache des Fluges beim Kondor angestellt hatte. Er ging von der Ansicht aus, daß die Kiele der großen Federn luftleer seien und der Vogel dadurch in der Luft gehoben würde. Er nahm daher eine Nadel, stach ein Loch in jeden Federkiel, damit das Innere

sich voll Luft setzen konnte, warf den Kondor senkrecht hoch, und da das Thier nicht davonflog (denn einmal sind die Flügelschläge nicht stark genug, um sofort horizontal fortfliegen zu können, und zweitens fehlte es an dem Antrieb, am Wechsel der Luftsäule), sondern immer wieder niederfiel, so war die gelehrte Entdeckung zu Ende und die Flugkraft war in der Luftleere der Federkiele gefunden. Wäre dieser Kondor statt senkrecht in die Höhe, horizontal fortgeworfen und ihm dadurch ein Wechsel der Luftsäulen mitgegeben, so würde er wohl geflogen sein.

Ein anderer Amerikaner befestigte eine Taube so unter einem 2 Fuß Durchmesser habenden Ballon, daß sie Flügel und Schwanz frei bewegen konnte, und ließ sie fliegen. „Da", meinte er, „die Taube von der Mühe befreit war, ihre Flügel zum Aufsteigen zu benutzen, mußte sie eigentlich leichter fliegen, aber das Gegentheil war der Fall, sie war ein schwaches Spielzeug des gelindesten Windes, sie flatterte ohne Erfolg. Dasselbe würde auch mit einem Adler der Fall gewesen sein. Kann denn aber eine bessere Flugmaschine als Adler und Taube gefunden werden? Ich bin sicher: nicht. Und wenn der Adler nicht fähig ist, einen kleinen Ballon vorwärts zu treiben, so wird keine Maschine erfunden werden, um von der kleinen Gondel aus den verhältnißmäßig riesigen Ballon zu treiben und zu steuern."

Wer meinen Ausführungen mit Aufmerksamkeit gefolgt ist, wird durch dieses Experiment meine Behauptungen in vollem Umfange bestätigt finden. Denn die Taube verfügte über ihre volle freie Muskelkraft und war Herr über jede Bewegung mit den Flügeln, aber sie verfügte nicht über ihre Schwerkraft, denn diese trug der Ballon; darum hatte auch der Flügelschlag keine Wirkung. Zweitens fehlte der Wechsel der Luftsäule, diesen hemmt ein Ballon; es ist deshalb eher möglich, irgend eine Last von abgerichteten Vögeln tragen, als einen leichten Ballon von ihnen fortziehen zu lassen.

Daß Flügelschläge ohne Schwerkraft-Spannung wirkungs-

los sind, habe ich wiederholt beobachtet. Kinder hatten in der Stube eine Thurmschwalbe vor sich auf der Erde zu liegen, ohne daß das Thier Miene machte, davonzufliegen. Ich nahm das anscheinend hülflose Wesen auf, betrachtete es von allen Seiten, ob ihm etwa ein Leid geschehen sei, und hielt, da ich keinerlei Schaden an ihm gemerkt, das Thierchen zum Fenster hinaus. Plötzlich gab es sich auf meiner flachen Hand eine Wendung, daß es hinunterfiel, breitete im Falle die Flügel aus und flog gewandt davon.

Das andere Mal legte ich ein solches Vögelchen auf den Tisch und zwar ziemlich nahe an eine Kante. Das Thier arbeitete sich, auf dem Leibe rutschend, bis an den Rand des Tisches, fiel hinab, breitete die Flügel und war im Nu durch das offene Fenster im Freien.

Da diese Vögel gerade mit kleinen vibrirenden Flügelschlägen rapid schnell fliegen, sollte man doch glauben, daß sie sich, auf dem Bauche liegend, durch so kleine kräftige Flügelschläge erheben müßten, aber wenn die Flügelschläge die Schöpfer ihres Fluges wären, würden sie sich sicher erheben. Wir sehen gewiß deutlich, daß hier der Wille, nicht aber das Vermögen zum Fluge da ist, und daß dieses Hauptvermögen in der Schwerkraft-Spannung des Flügels ruht.

Eine Bestätigung dieser Beobachtung erzählt ein Augenzeuge aus Bern vom Alpensegler. Er sagt, daß sich diese Thiere nie an die Erde setzten, sondern sich an hohe Gegenstände anklammerten, wenn sie ruhen wollten. Käme es aber doch einmal vor, daß solch ein Thier zu Boden fiele, so finge es an heftig zu schreien, worauf seine Kameraden eilig herbeikämen, dem gefallenen Thiere im Vorbeifliegen einen Stoß zu versetzen suchten, um es wieder flott zu machen, und es dabei häufig passire, daß die Retter selbst noch mit zu Falle kämen und von den Knaben aufgenommen würden. Wie wunderbar! Diese Vögel schwirren wie Pfeile in der Luft und sind hülfloser wie Schnecken auf der Erde.

Eine Elster, welche auf einem Hügel herumhüpfte, wurde von mir derart geschossen, daß beide Ständer bis zur Un

brauchbarkeit zersplittert waren. Das Thier flatterte fortwährend auf der Erde umher, ohne sich erheben zu können, endlich fiel es den Hügelabhang hinunter und kam dabei in die Flügel zu hängen, und erst jetzt flog es noch eine weite Strecke davon.

Aus all diesen Beobachtungen geht hervor, daß Flügelschläge nur das sind, als was ich sie bezeichnet habe, nämlich „Hülfskräfte." In Fig. 30 ist ein Raubvogel in Rüttelposition dargestellt. Der abgeschnittene äußere Theil des rechten Flügels zeigt eine erhöhte Vertikal-Spannung, weil der Vogel einen Flügelschlag ausführt; es bildet sich daher unter dieser Flügelfläche ein großer treibender Luftkegel. Dieser Luftkegel ist aber bereits auch ohne Flügelschlag, nur sehr flach, ebenso bei jeder Schwungfeder, nur kaum merklich, vorhanden; — der Flügelschlag vergrößert diese treibenden Kegel, aber erzeugt sie nicht erst.

Diese Beobachtungen habe ich mit Sicherheit oft an Sumpfweihen gemacht, weil man es gerade bei diesen Vögeln am besten wahrnehmen kann, daß sich dieser treibende Luftkegel bildet, und zwar wenn sie vom Beobachter fortfliegen. Diese Thiere haben nämlich gerade unter dem äußersten Flügeltheile einen weißen Fleck; diesen sieht man beim Schweben nur schimmern, während er im Flügelschlage sehr groß erscheint. Dieser Luftkegel mag nun so klein sein als nur möglich, und wenn seine Basis nur die Breite eines Haares hat, so übt er ohne jeden Flügelschlag ununterbrochen seine treibende Kraft aus, und das Resultat dieser Kraftwirkung ist eben die Bewegung, die wir „Schweben" nennen. Ein schwebender Vogel hat nicht die Schnelligkeit wie ein flügelschlagender Vogel, weil eben Letzterer noch die Flügelarbeit, die aktive Muskelthätigkeit, mit in die Waagschale wirft.

Die weise Natur hat aber die treibenden Flächen an die äußersten Enden der Flügel gelegt, weil dieser Theil beim Flügelschlage den größesten Weg zurück zu legen und infolgedessen den erfolgreichsten Luftdruck zu empfangen hat. Ferner aber hat sie diese äußeren Theile der Vogelflügel nicht so

flächenreich, wie die anderen Theile, sondern spitz zulaufend gestaltet, damit, wenn einmal Flügelschläge für ersprießlich erachtet und ausgeführt werden, dann auch mit Vehemenz ohne große hemmende Flächen ausgeführt werden können. Man sieht auch hieran, wie die Natur stets das Zweckdienlichste herausgefunden hat, und selbst die kleinste Anordnung in und an den Flugorganen zu Gunsten des Fluges zu treffen wußte.

Was nun die Flügelschläge schwebender Vögel anbelangt, so ist mir stets aufgefallen, daß die meisten Schläge geradezu energielos, theilweis nur halb und selten gemacht werden; ich habe dieser Flügelarbeit schwebender Vögel gar keine Flugwirkung zugesprochen, und das lasche Bewegen der Flügel hat denn auch einen ganz anderen Zweck als auf den Flug zu wirken, nämlich den einer Abwechselung in der Muskellage. Schwimmende Wasservögel, sowie Hühner auf den Höfen, schlagen in gewissen Pausen immer mal mit den Flügeln; Soldaten, die durch das Kommando gebunden, längere Zeit stramm und still gestanden haben, schlenkern mit den Beinen; Reiter, welche lange Zeit im Sattel saßen, heben sich in den Bügeln mal hoch; wer lange gestanden hat, setzt sich mal kurze Zeit und kann das Stehen dann wieder eine Zeit lang weiter ertragen, — wer lange gesessen hat, steht mal kurze Zeit auf, wer lange auf einer Seite gelegen hat, dreht sich mal auf die andere Seite, — was wir länger auf einer Schulter oder in einer Hand trugen, das wechseln wir mal um, um unsern Muskeln, Sehnen, Gelenken, einmal in einer andern Lage Erholung und Abwechselung zu gönnen, um einer Sehnenstarre, Muskelsteifheit, oder einer Blutstauung vorzubeugen. Dieser Drang nach Abwechselung geht ja bei uns Menschen noch weiter. Beim Ansehen ein und desselben Gegenstandes während längerer Zeit bekommen wir Augenflimmern und wir müssen mal die Augen etwas reiben oder darüber hinwegwischen, beim Anhören ein und desselben Tones bekommen wir Nervenreize und wir halten uns wohl die Ohren zu; sind wir mit Interesse, mit beinahe angehaltenem Athem einer Aufführung gefolgt, so fangen wir an zu Gähnen, weil die Lunge das

Bedürfniß hat sich einmal tüchtig bewegen zu müssen; — ja man spricht sogar bei den Eisenbahnschienen von Ermüdung des Materials und läßt sie eine zeitlang unthätig liegen oder umdrehen.

So ist es auch mit dem schwebenden Vogel, — wird ein Glied, ein Organ anhaltend angespannt, so verlangt es eine Veränderung der Lage, — der Vogel, der seine Flügel lange am Leibe trägt, und derjenige, der sie lange in ein und derselben Lage ausgestreckt hält, muß ab und zu diese Gliedmaßen einmal bewegen; und weiter hat der Flügelschlag des schwebenden Vogels auch keinen Zweck.

Wir wundern uns auch über das lange Schweben der Vögel, nun es ist keine größere Leistung, als wenn der Mensch dieselbe Zeit stehen sollte. Wenn ich behauptet habe, daß sich der Mensch aus süßer Gewohnheit auf den Beinen erhielt, so wird doch Niemand glauben, daß ich ein stundenlanges Stehen für eine Annehmlichkeit halte; ich halte dies aber eher für erträglich, wenn man ab und zu ein Paar Schritte dazwischen gehen kann. Es kommt auch viel darauf an, zu welchem Zwecke man steht und wo man steht; ein Soldat, der inmitten eines Festungswerks zwischen leeren Wällen, ohne Aussicht, wie von aller Welt verlassen auf Posten steht, den wird ein weniger behagliches, vielmehr ein langweiligeres Gefühl beschleichen, als seinen Kameraden vor der Commandantur in einer frequenten Straße, wo sich für's Auge manches Angenehme abspielt, da läßt das Interesse an den mannigfachen Bildern die Müdigkeit nicht aufkommen.

Das größeste Interesse bringt aber nun der Kampf ums Dasein mit. Des Erwerbes wegen steht der Bettler tagelang an einer Stelle, der Lotteriespieler stundenlang im Ziehungssaale, der Händler unverdrossen auf dem Markte; der Nahrung wegen liegt der Fuchs stundenlang vor dem Kaninchenbaue oder auf der Entenlauer im Schilf, der Reiher steht still im Weiher, die Katze lauert vor dem Mauseloche, der Storch am Maulwurfshügel, der Tiger neben der Antilopenheerde, der Luchs auf das Wild, der Albatros umkreist das Schiff tage-

lang und der Raub- und Aas-Vogel kreist in der Höhe und hält in der Hoffnung Umschau, daß sich jeden Augenblick eine Fundgrube für seinen bellenden Magen aufthun könnte; aber all diese Schwebeleistung ist nur die Wirkung der Steuerkraft und der Schwerkraft-Spannung in den Flugflächen, wobei der Flügelschlag so viel wie nichts thut.

In dem „Neuen Buche der Natur" hat Freiherr von Schweiger-Lerchenfeld nicht allein den Kraftauszug der neuesten flugtechnischen Werke verarbeitet, sondern seine eigenen, theilweis darüber hinausgehenden Forschungen und Auffassungen niedergelegt, die mit den hier deponirten Anschauungen zum größesten Theile sich decken.

Der gelehrte Baron widmet hier auch den Flügelschlägen ein sehr eingehendes Studium und weist der Mechanik des Flügelschlages unter Beifügung von Moment-Aufnahmen einen gebührenden Raum an, und zwar mit vollem Rechte, denn sie sind zur Bekämpfung des Windes nöthig. Ohne diese mechanische Hülfskraft würden die Vögel solch erstaunliche, schnelle Reisen nicht zu Wege bringen.

Meine Behauptung geht nur dahin, daß der Vogel in erster Linie den Flügelschlag zur Bekämpfung des horizontalen Windes, und zur Verstärkung eigener Bewegung bei Windstille oder beim Fluge mit dem Winde anwendet und erst in zweiter Linie zur Erzielung von Höhe.

Daß der Flügelschlag seine Hauptwirkung bei vertikalem Schlage hat, hebt von Schweiger durch folgende Beobachtungen hervor, die für meine Anschauung sprechen:

„Aber auch kleinen Vögeln ist im senkrechten Aufflug eine Grenze gesteckt. So ist, wie die Erfahrung vielfach lehrt, ein in einen Schornstein gefallener Sperling außer Stande, durch senkrechtes Auffliegen aus seiner Lage sich zu befreien. Andererseits wird beobachtet, daß Sperlinge, welche aus sehr engen Höfen mit kahlen Mauern sich erheben, streckenweise rasten, indem sie sich, gleich den Schwalben, an den Unebenheiten der Mauer anklammern.

Wenn also bei dieser Flugarbeit (zu der übrigens der Vogel

durch seine starken Brustmuskeln trefflich organisirt ist) der Kraftaufwand ein sehr bedeutender ist, gestaltet er sich wesentlich geringer beim sogenannten „Ruderflug“ der gewöhnlichen Flugart (d. h. beim Horizontal-Fluge). Beweis hierfür ist — von aller Theorie abgesehen — die große Ausdauer, welche die Vögel hierbei bekunden. So gut wie gar keine Kraft erfordert der „Schwebeflug“, der freilich nur den großen Fliegern zukommt. Oft wird das Kraft-Moment fast ganz durch die Geschicklichkeit ersetzt.“

Diese Beobachtung ist völlig übereinstimmend mit den von mir gemachten Ausführungen und stimmt mit meiner Theorie vollständig überein.

Daß auch ohne Flügelarbeit die Schwerkraft des Vogels aufgehoben werden kann, spricht der Autor auf Seite 484 aus:

„Es würde genügen, auf die alltägliche Beobachtung hin, wie ausdauernd die meisten Vögel zu fliegen verstehen, die Schlußfolgerung zu ziehen, daß die Arbeitsleistung eine sehr geringe sein müsse. Es wird aber noch eine andere Beobachtung gemacht, welche in diesem Sinne noch viel überzeugender spricht. Große Flieger vermögen sich fast ohne Flügelschlag segelnd oder schwebend in der Luft zu erhalten, ohne zu sinken. Gerade diese Art des Fluges ist es, welche das Fliegen als eine vollendete Kunst erscheinen läßt. Mit neidischen Blicken verfolgen wir die regelmäßigen Kreis- und Schneckenlinien, die ein großer Raubvogel hoch in den Lüften beschreibt, ohne Flügelbewegungen auszuführen. Nur ab und zu macht der Flieger einige wenige Schläge, um hierauf wieder in ruhiger Majestät das Kreisen fortzusetzen.

Man sieht also, daß Flügelarbeit zur Aufhebung der Schwerkraft direkt nicht nöthig sind, weil auch schon der ruhig ausgestreckte Flügel die volle Schwere des Vogels trägt. Der kreisende Vogel will aber räumlich sich nicht fortbegeben, würde er dies beabsichtigen, dann tritt der bewährte Flügelschlag in seine vollen Rechte, denn zur Bekämpfung von Wind und Wetter und zur Erzielung hoher Geschwindigkeiten ist der

Flügelschlag die beste motorische Horizontalkraft-Verstärkung und zwar deshalb, wie Baron von Schweiger hervorhebt, weil die Flügelflächen in schrägerer Richtung auf die Luft treffen. Dieser schräge Richtungsschlag erhöht aber die Horizontal-Spannkraft und deren Wirkung.

Wegen der Flügelschlag-Mechanik läßt Herr von Schweiger-Lerchenfeld den neuesten Fachautoren besondere Gerechtigkeit widerfahren. Da wir aber in der Flugtechnik immer mehr fortschreiten und dieser gelehrte Forscher bei seinen umfassenden Naturstudien der Flugmechanik große Aufmerksamkeit zuwendet, ist zu hoffen, daß er sein Forscherauge persönlich dieser wichtigen Frage der Flügelschlag-Mechanik und ihren Schlußfolgerungen zukehren und mit weiteren eigenen Forschungen hervortreten und Klarheit in die Sache bringen wird, denn es hat wohl kein Umstand so viel Verwirrung in die Flugmechanik gebracht, als der falschverstandene Flügelschlag. — Der Irrthum der Mathematiker in der Auffassung des Flügelschlages besteht darin, daß sie in die Schlagwirkung des vertikal arbeitenden Flügels eine so hohe Druckwirkung hinein rechneten, daß die Schwerkraft des Vogels in der Schwebe erhalten wird, und nun weiter berechnen, daß in der Sekunde bei jeder Vogelgattung so und so viel Schläge mit der Flügelfläche nöthig seien, um die Schwerkraft des Flugkörpers in gleicher Höhe zu halten. Diese Gelehrten übersehen ganz, daß doch schon der ruhig ausgestreckte Flügel die ganze Vogellast annähernd horizontal trägt; der Flügelschlag hat sonach nur die Differenz zwischen Horizontale und Höhenverlust zu neutralisiren, nicht den vollen Druck der Schwerkraft aufzuheben. Die Vogelgattungen würden sicher auch in derselben Höhe bleiben, wenn sie weniger Flügelschläge pro Sekunde ausführten, aber der Flug würde nicht so schnell in horizontaler Linie, also gegen den Wind, vor sich gehen. Erst der Umstand, daß die volle mechanische Kraft des Flügelschlages, also die active Muskelthätigkeit des Vogels auf die Verstärkung horizontaler Spannkraft verwandt wird, befähigt den Vogel, die gewaltigen horizontalen Flugleistungen zu ermöglichen, die Herr von Schweiger

mit Recht hervorhebt. Daß zur Erhaltung von Höhe nicht direkt „Arbeit", sondern nur eine „Kraft" nöthig sei, hebt Herr Professor von Helmholtz ausdrücklich hervor. Wenn daher ein schwebender Vogel längere Zeit in ein und derselben Höhe kreist, so ist die Summe all seiner aufgewandten Schwebekräfte genau seiner Schwerkraft gleich. Ein Mensch, der in einem geeigneten Flugapparat nach den Gesetzen der mechanischen Flugmechanik sich in derselben Höhe erhalten wollte, hätte nicht die Kraft, die seiner Schwerkraft gleich käme, aufzuwenden, weil die Kraft, die der Vogel nöthig hat, um mit passiver Muskelkraft seine Schwingen ausgestreckt zu erhalten, gespart wird, — denn diese Kraft der Tragung der Schwere des Menschen leistet ja, wie bereits hervorgehoben, das Material der Flugfläche in derselben Weise, wie der Polsterstuhl, der das Fallen unserer Schwere auf die Erde verhindert, auf den wir uns niedersetzen. Daß der Stuhl auf einer Erdsäule, der künstliche Flügel auf einer Luftsäule eine Stütze zur Ausübung ihrer Tragkraft findet, ist vorläufig bei Beurtheilung der für den Menschen nöthigen Flugkraft noch ganz gleichgültig; der Stuhl hat eine festere Stütze, der Flügel eine nachgiebigere und daher sinkt der Flügel mit seiner Last. Tritt zu der Fallkraft noch eine horizontale Kraft, oder eine Umwandlung vertikaler in horizontaler Kraft hinzu, und zur horizontalen Bewegung einer Last gehört bedeutend weniger Kraft als zu deren senkrechter Hebung oder Abwärts-Bewegung, so geht mit der tragenden Luftsäulen-Stütze eine dem Fluge günstige und dem Fallen wehrende mechanische Veränderung vor, nämlich diese Stützen werden nach den Gesetzen des Luftdrucks auf Flächen mit dem Quadrat der Geschwindigkeit stärker, fester, widerstandsfähiger. Nicht nur die normal oder schräg getroffene Fläche genießt die Gunst des erhöhten Luftdrucks bei schneller Bewegung, sondern auch die ohne positiven oder negativen Flugwinkel horizontal bewegte Fläche, — und nur so ist es erklärlich, daß eine geringe horizontale Arbeit sich zu der vertikal ausgeübten Tragkraft des Flugflächenmaterials gesellend, die Fluglast mit wenig

Horizontal-Arbeit in gleicher Höhe erhalten kann. Das, was wir während der ganzen Flugreise nicht zu ersetzen brauchen, ist die nach von Helmholtz nothwendige Tragkraft des Materials, — zu unterhalten ist nur horizontale Arbeit, und es stimmen die neuesten theoretischen Rechnungen und die Beobachtung darin überein, daß diese Arbeit nur gering sein wird. Da aber endlich die Tragkraft des elastischen Flugflächen-Materials sich meiner Theorie nach zum größesten Theile schon in Horizontal-Arbeit umsetzt, so widerspricht es dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft wohl nicht, wenn zur Erhaltung einer Last in horizontalem Fluge eine weit geringere Kraft nöthig sein soll, als diese Fluglast an Schwerkraft repräsentirt, sofern man nach den hier niedergelegten Flugprincipien verfährt; gerade geringe Horizontal-Arbeit erhält eine große vertikale Tragkraft im Flugmateriale. Im luftleeren Raume hätte das Flugmaterial gar keine Vertikal-Tragkraft, aber in der Luftmaterie weicht es von dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft nicht früher ab, bis es eine andere Stütze für den Schwerpunkt, den es trug, hat, als die Luft in vertikaler Richtung.

Der Stuhl, den wir in den Sumpf setzten, hätte für uns gar keine Tragkraft, ebenso haben die physikalischen Bestandtheile der dünnen Luft für den Fallschirm nur geringe Tragkraft, erst die horizontale Bewegung des Fallschirmes giebt der Tragkraft festere mechanische Stützen. Da durch die Horizontal-Bewegung nur die Stützen mechanisch verstärkt werden, die Tragkraft des Flugmaterials aber gleichmäßig erhalten bleibt, zur horizontalen Bewegung einer Last aber viel weniger Kraft gehört als die Schwerkraft der Fluglast repräsentirt, so ist die kleine horizontal bewegende Kraft auch die Erhalterin der Fluglast in der Schwebe. Die kleine horizontale Kraft-Componente ändert die Luft mechanisch, — nicht physikalisch zu tragfähige Stützen um. Die größeste Flugkraft ist die, die der Vogel zur Tragung seines Körpers aufzuwenden hat, ich habe sie passive Muskelkraft genannt, diese große Kraft wird beim Menschen vom Flügelmateriale geleistet und

für diese Kraft ist der Mensch nicht ersatzpflichtig, sie wirkt vielmehr so lange, als der Mensch darauf ruht. Diese Kraft erhält sich in der Luft unvernichtbar constant. Beweis: Nimmt man das Flugmaterial fort, so fällt der Mensch senkrecht wie ein Stein zu Boden! — Welche Kraft erhielt ihn also in der Luft? — Antwort: „Die Kraft des Flugmaterials!" Hatte der Mensch dazu Eigenkraft zu absorbiren? — Antwort: „Nein!" Daraus folgt, daß der fliegende Mensch zu seinem Fluge die ganze Eigenkraft auf seine horizontale Fortbewegung verwenden kann.

Der Flügelschlag aber ist der neckische Kobold, der die Forscher gründlich genasführt und genug wissenschaftlichen Streit angezettelt hat. Während die Einen behaupteten, er würde senkrecht geführt, meinten Andere, er ginge dabei zugleich schräg von vorn nach hinten, Pettigrew und seine Anhänger behaupten dagegen, er ginge von hinten nach vorn, die Einen lassen die Exkursionen groß, die Anderen klein, den Aufschlag schnell, den Niederschlag langsam geschehen, die Einen legen den Normaldruckpunkt auf $^2/_3$ der Flügellänge, die Anderen in die Mitte, die Einen mehr vorn, die Anderen mehr hinten, die Einen lassen kleine, die Anderen größere Pausen, und dabei ist der ganze Streit ein Streit um Kaisers Bart, denn auf all diese Fragen kommt es wenig oder nichts an, denn jede Abwärtsbewegung der Flügel erhöht die Horizontalkraft stärker als die Vertikalspannung und verstärkt sonach die Horizontalbewegung. — Der sicherste Beweis der Richtigkeit dieser Auffassung ist der, daß die Vögel, die senkrecht hochfliegen wollen, auch die Längsachsen ihrer Körper senkrecht hochrichten; einen deutlicheren Beweis kann die Natur nicht erbringen.

Endlich aber wird durch die Schwanzbewegung des Fisches ein ziemlich deutlicher Beweis dafür erbracht, daß die Flügelbewegung auf die Fortbewegung der Längsachse des Thieres wirken soll. Der Fischschwanz wird rechtwinkelig hin und her zur Längsachse des Körpers so bewegt, daß der hintere breite Rand der Schwanzfläche sich von der hinter ihm be-

findlichen Wasserwand abstößt. Genau so ist's mit dem Flügelschlag, auch dieser arbeitet rechtwinkelig zur Längsachse und stößt sich von der hinter seinem hinteren Flügelrande ruhenden Luftwand ab, und da besonders die Schwungfedern ihrer geeigneten Lage wegen dazu bestimmt sind und den weitesten Weg beim Flügelschlag zu machen haben, so wirkt die Flügelspitze auch auf die Fortbewegung am schärfsten. Die Schwungfedern sind Fischschwänze in anderer Lage als beim Fische.

Welche Arbeit aber bei gleichmäßiger Fall- oder Horizontal-Bewegung verhältnißmäßig zu leisten ist, geht aus der Betrachtung der Fig. 30a und 30b hervor. Bei einem senkrechten Falle des Vogels in Fig. 30a muß die ganze Luftsäule, die der Vogel bedeckt, verdrängt werden, wie klein ist dagegen diejenige Fläche, welche in Fig. 30b bei horizontaler Bewegung nur verdrängt zu werden braucht. In demselben Verhältniß, wie diese verschiedenen Flächen, stehen also die bewegenden Kräfte. Daraus erklärt sich, daß wenn Fallkraft des schwebenden Vogels in Horizontal-Bewegung umgesetzt wird, die umgesetzte Kraft weiter trägt und länger vorhält, und daß es der im Fallen erzeugten Horizontal-Spannkraft leicht wird, den geringen Horizontal-Widerstand zu überwinden.

Die Betrachtung lehrt aber ferner noch, daß eine größere Kraft dazu gehört, dem Falle des Flugkörpers entgegen zu wirken, als dessen Horizontal-Transport zu bewirken. Die Tragkraft ist der größeste Theil der zum Fluge nöthigen Flugkraft, und diese Kraft leistet im menschlichen Flugapparat das Flugflächen-Material, Materialkraft bedarf in diesem Sinne doch keines Kraftersatzes, daher die lange Flugkraft.

Diese Erkenntniß muß sich zum völligen Verständniß des Fluges erst noch Bahn brechen, da der rechnende Theoretiker sonst immer noch fragt: „Wo soll denn nur die große Flugkraft herkommen?"

Mit dieser Erkenntniß aber werden die Anschauungen über die Mechanik des Flügelschlages einschneidende Aenderungen

erfahren, aber man wird die Wirkung der Schlagmechanik anders und zwar, wie sie in der Natur ist, auffassen.

b. Die Vibrations-Bewegungen der Schwungfedern.

Es sind verschiedene Stimmen laut geworden, welche behaupten, daß schwebende Vögel kleine Schlag- — Vibrations- — Bewegungen mit den Schwungfedern ausführten, etwa in der Weise, daß sich, wie in Fig. 31 darzustellen versucht ist, die einzelnen Schwungfedern zwischen den zugehörigen Pfeilen bewegten und zwar nicht etwa zu gleicher Zeit in derselben Bewegung, sondern jede für sich, ungefähr in der Weise, wie man mit den Fingern auf dem Tische zu trommeln pflegt.

Zugleich zeigt der linke Flügel, daß der untere Theil nicht hohl sein kann, denn die Schattirung zeigt sogar das Gegentheil; die Concavität liegt hier oben.

So viel Mühe ich mir nun aber gegeben habe, diese Bewegungen constatiren zu können, so ist mir's doch nicht gelungen; was ich thatsächlich, und leider nur einmal, beobachtet habe, ist eine Vibrations-Bewegung mit den ganzen Flügeln bei unserm kleinen Stößer.

Ich zweifle jedoch nicht daran, daß diese Vibrations-Bewegungen stattfinden können, denn die Vögel zeigen deutlich, z. B. in Fig. 32, daß sie eine Spreiz-Fähigkeit ihrer Schwungfedern besitzen, und darf vielleicht hieraus geschlossen werden, daß sie das Vermögen haben, die Schwungfedern auch entgegengesetzt bewegen zu können.

Wenn die Vibrations-Bewegungen thatsächlich stattfinden, so sind sie eine Verstärkung der bereits in den Federn vorhandenen elastischen Spannung, und haben mithin eine erhöhte Wirkung auf die Fortbewegung des Vogels.

Daß diese Bewegungen nicht von sämmtlichen Federn der Flügelspitze zugleich ausgeführt werden können, ist daran zu sehen, daß keinerlei Wellenbewegungen des Körpers zwischen den Flügeln bei schwebenden Vögeln, selbst nicht mit bewaffnetem Auge, beobachtet sind. See-, besonders Sturmvögel haben die

Gewohnheit, mit den äußeren Flügelgelenken bedeutend mehr während des Fluges zu arbeiten, als mit den innern Gelenken, ein Umstand, der sehr auf die Fortbewegung des Vogels wirkt.

Bei dieser Gelegenheit will ich nicht verfehlen, über ein Insekt zu sprechen, das ich betreffs seines Fluges früher verkannt habe; erst in den letzten Jahren richtete ich mein Augenmerk mehr auf dieses Thier, weil ich es häufiger als früher vor Augen hatte; es ist dies die Libelle — **Petalura gigantea.** — Dieses Thier ist in seiner Flügelbauart den Vögeln ähnlich, welche stehenden Fußes ihre Flügel ausstrecken, d. h. die Flugflächen bilden einen offenen Flugwinkel, und dieses Thier fliegt infolgedessen auch ähnlich wie die Vögel, nur schlägt es mit seinen 4 Flügeln nicht zugleich nach unten und oben, sondern ich vermuthe, es schlägt den rechten Vorder- und den linken Hinter-Flügel nach unten, wenn es die beiden anderen nach oben schlägt, wie dies in Fig. 33 dargestellt ist.

Wenn das Thier mit seinen 4 Flügeln zugleich nach unten schlüge, und ebenso zugleich nach oben, dann würde, wie beim Vogel, ein Schaukeln des Körpers zwischen den Flügeln zu beobachten sein; dies ist durchaus nicht der Fall, sondern der Flug ist trotz lebhafter Flügelbewegungen wie schwebend, und dabei von einer Schnelle, daß ich sie, die Thiere, trotz größter Wachsamkeit aus den Augen verlor, um sie plötzlich 10—15 Meter weiter, rüttelnd wie Raubvögel, auf einem Punkte haltend wieder zu sehen.

Auch lieben es diese Thiere, weite Strecken dicht über dem Erdboden hinzuschießen, wobei sie den Oberkörper tiefer zu liegen haben als den Schwanztheil. Die Brummfliege (**Musca vomitoria L.**) scheint keine besondere Freundin der Libelle zu sein, denn ich habe wiederholt gesehen, daß dieser Brummer die friedliche Libelle belästigt.

Bell Pettigrew scheint der irrigen Meinung zu sein, daß der offene Flugwinkel der Flügel auch während des Fluges vorhanden sei, — dies trifft nicht zu, sondern die Flügel liegen ohne Flugwinkel in freier Luft horizontal, und gewissermaßen elastisch gespannt, weil sie das Gewicht des Thieres

zu tragen haben, daher sieht man sie auch oft bis 5 Meter weit horizontal schweben und die Flügel völlig regungslos stillhalten.

Es ist nun aber noch möglich, daß es seine Flügel nicht wie in Fig. 33 dargestellt bewegte, sondern in der Weise damit operirte, daß, wenn es beide Vorderflügel niederschlägt, sogleich die hinteren Flügel hochbewegt. Dies ist jedoch aus dem Grunde nicht gut erklärbar, weil diese Flügel-Arbeit eine fortwährende Unruhe des Vorderkörpers zwischen den Flügeln zur Folge haben müßte, die doch nicht beobachtet wird. Denn schlägt das Thier die Vorder-Flügel nach unten, so hebt sich der Vorderkörper, und da es zugleich dann die hinteren Flügel nach oben schlagen müßte, zögen diese Flügel den Hinterkörper herunter, mithin müßte aus doppelten Gründen der Körper vorn hoch und hinten tief gestellt werden. Im nächsten Augenblicke würde sich das Bild völlig entgegengesetzt gestalten, da der nächste Flügelschlag ganz entgegengesetzt wirkt.

Wenn die Flügelschläge auch noch so schnell auf einander folgen, würde das Zickzack-Spiel des Körpers doch wohl nicht ganz verwischt werden können, und ich glaube deshalb, daß die von mir in Fig. 33 angegebene Bewegung die richtige ist, weil hierbei weniger Körperschwankungen wahrscheinlich sind. Mit wahrem Vergnügen habe ich diese reizenden Flieger aufgesucht und stundenlang beobachtet, und habe mich gewundert, wie ein so zarter Flügel die Flugkraft haben und einen ziemlich voluminösen Leib so schnell forttragen kann, daß er dem Auge verloren geht. — Ich glaube, daß die Libelle im Fluge von keinem anderen Insekt überholt wird, und ich möchte sie den Albatros der Insekten nennen, denn wie dieser Vogel beim Fluge kaum die Flügel rührt, so vibrirt auch die Libelle nur wenig mit den äußeren Flügeltheilen.

Die äußeren Flügeltheile der Vögel, die Schwungfedern, liegen während des Schwebens so, daß jede Schwungfederfahne ihre eigene Flughöhe hat, und nicht etwa die zweite Feder diejenige Luft zu passiren hat, die bereits der ersten Feder eine Stütze bot. Jede Feder hat ihre eigene Luftbahn, ihre

eigene Luftschiene, und passirt nur ruhende, unbelastete Luft. Man sieht bis in's kleinste Detail jede Anordnung reiflich der höchsten Praxis angepaßt; denn, wenn ein Flügel 1 Fuß, dagegen eine Schwungfeder nur 1 Zoll breit ist, so passirt jede Schwungfeder 12 Mal die ruhende Luft ihrer Luftsäule, während der Flügel nur einmal eine unbelastete Luftsäule passirt; die Folge davon ist, daß die Spannung in den Schwungfedern größer sein muß, als bei einmaliger Passage über ruhige Luft.

Dieses büschelähnliche Aussehen gespannter Schwungfedern ist sehr deutlich an schwebenden Störchen zu beobachten, auch zeigen es die Augenblicks-Bilder dieser Vögel.

Wie aber die gespannte, vibrirende und schlagende Schwungfeder nur auf die Fortbewegung wirkt, so wirkt auch der leise vibrirende Libellenflügel nur in der Richtung der Längsachse des Körpers, denn ich hatte eine in's Wasser gefallene Libelle in der Stube, welche sich erst allmälig trocknen zu müssen schien, ehe sie wieder flott werden konnte, und sobald das Thier die ersten Flugversuche begann, wurde es so heftig nach vorwärts getrieben, daß es auf dem Kopfe zu stehen kam und sich auch überschlug, von Hub war keine Rede; die Libelle ist ein Insekt mit dem Flug-Charakteristikum eines Vogels und der meisterhafteste Flieger unter den Insekten, und könnte dem Namen „Albatros der Insekten" nur Ehre machen.

Im Interesse der weiteren natürlichen Klärung der Flugfrage möchte ich den Liebhabern von Moment-Apparaten den guten Rath ertheilen, doch fleißige Aufnahmen aller Flieger zu machen und diese vorzulegen. Es kann sich hier jeder Laie nützlich machen und kann, vom Glück des Zufalls begünstigt, sogar Werthvolles leisten. Bienen, Käfer, Schmetterlinge, Grillen, Fliegen, Mücken, Fledermäuse und sämmtliche Vögel, Alles, Alles ist angenehm. Maikäfer und Junikäfer, Hirschkäfer und Libellen lassen sich leicht erfassen, indem man sie unter den Apparat an die Erde oder in Töpfe setzt und ihr Auffliegen abwartet. Die von der Seite erfaßten Objecte sind die Werthvollsten; doch genehm ist Alles!

Aber auch bei den gewöhnlichsten Spaziergängen, Ausflügen und Dienstverrichtungen kann der Landmann, Oeconom, Forstbeamte, Militär, Seemann, Beamte, Fahrrad-, Ruder-, Renn- und Brieftauben-Sporter, Ornitholog, Bienenvater, Botaniker, Käfersammler u. s. w., überhaupt jeder Mensch mit gesundem Verstande oft das Glück haben, eine werthvolle Beobachtung zu machen, nach der der passionirte Forscher Jahre lang vergebens sucht; es können zutreffende Beobachtungen über das lange Schweben und Steigen ohne Flügelschläge, über etwaige Vibrationsbewegungen mit einzelnen Federn u. s. w. nicht oft und zuverlässig genug gemacht werden. Ferner ist das lange Ausharren der Vögel auf einem Punkte in der Luft eine Beobachtung, welche noch vieler Controle bedarf, besonders ist es aber das S t e i g e n von Vögeln o h n e Flügelschläge, unter Berücksichtigung von Wind und Wetter, was noch eingehende Beobachtung verdient, ebenso die Schwanzruderarbeit und Tragfähigkeit der Vögel und Insekten, Aufflugs-Unfähigkeit gewisser Vögel &c.

Wer hier gute Beobachtungen zu machen die Gelegenheit und das Glück hatte, der reiche dieselben, ob Fürst oder Bauer, General oder Gemeiner, Gelehrter oder Laie, der „Deutschen Warte" in Berlin SW., Lindenstraße, ein, welche von je auch der Flugfrage rege Aufmerksamkeit geschenkt und sich bereit erklärt hat, Momentbilder von Dilettanten und naturwissenschaftliche Mittheilungen von diesbezüglichen Forschern entgegen zu nehmen, im Fragekasten etwaige Antworten zu ertheilen, und gute Mittheilungen zu verwerthen, doch hat jeder Einsender seine mitgetheilte Beobachtung und Arbeit mit seinem vollen Namen zu zeichnen und zu vertreten, auch wird bei stattfindenden Veröffentlichungen der Name des Forschers mit veröffentlicht.

Hier ist ein Feld, auf dem Jeder sich verdient machen kann, der praktischen Blick, Sinn für ideale Bestrebungen und für den Zukunfts-Verkehr des Menschengeschlechts hat.

Meine Beobachtungen zu vervollständigen und zu ergänzen, dazu sollte sich J e d e r berufen glauben, der in Gottes freier

Natur die Gelegenheit hat, zufällig eine gute Flugbeobachtung machen zu können, die man nicht alle Tage sieht. Wie der Reiter aus eigenen gesundheitlichen Rücksichten vom Pferde steigen soll, wenn er sich am Wege eine reife Walderdbeere pflücken, oder wenn er aus landwirthschaftlichen Gründen eine schädliche Maulwurfs-Grille tödten kann, so sollte der fürstliche Jäger wie der Waldläufer, der ingeniöse höhere Officier wie der verständige Unter-Militär, der Seekapitän wie der Matrose, der Oeconomierath und der Kleinspänner, der Spaziergänger und der Beschäftigte einen Augenblick inne halten, wenn sich die Gelegenheit, etwas zur Klärung eines Problems beitragen zu können, die des Schweißes der Edelsten werth ist, bietet; denn uns fehlt noch manches Sichere und die Natur wird unsere ewige Lehrmeisterin bleiben!

c. Die Schraubenbewegungen des Schwanzes und die gleichzeitige größere Ausbreitung der Flügel.

Wie schon beim Wellenfluge der Sperlingsvögel erwähnt wurde, breitet der Vogel seinen Schwanz nur dann aus, wenn er seiner Dienste bedarf, und so kann man stets auf die Thätigkeit des Schwanzes beim Fluge schließen wenn er ausgebreitet ist. So breitet jeder Vogel, der anlanden will, seine Schwanzfläche aus, um die rapide Bewegung nach unten so viel als möglich aufzuhalten.

Beim Flügelschlagfluge sieht man in der Regel, daß die Vögel ihren Schwanz einziehen und zwar so weit, daß er die möglichst geringste Fläche einnimmt, dagegen sehen wir, daß schwebende Vögel ihre Schwingen und Schwanzflächen sehr weit ausbreiten, beide müssen also thätig sein.

Ich habe nun an schwebenden Vögeln häufig wahrgenommen, daß sie mit den Flügelspitzen Zuckungen verrathen. Denken wir uns z. B. in Fig. 34 eine gerade Linie von einer zur anderen Flügelspitze gezogen, so habe ich diese Zuckungen in der Weise wahrgenommen, daß sich die linke Flügelspitze um

so weit vorschnellte als die rechte zurückzuckte, wobei die Flügel im Verhältniß zum Körper bewegungslos stillstanden; es hatte den Anschein, als ob sich der Vogel um den Mittelpunkt seines Körpers ein Stückchen drehe. Diese Bewegungen sind auch so kurz und, wenn der Ausdruck erlaubt ist, eckig, daß ich sie nur mit dem Namen „Zuckungen" belegen kann.

Da die Spannung in den Flügeln nur eine sanfte Bewegung zur Folge hat, so konnte diese energische Bewegung von ihr nicht herrühren, und so fand ich denn, daß diese Zuckungen in der Thätigkeit des Schwanzes ihren Grund haben.

Der ausgebreitete Schwanz führt nämlich Ruder-, Schrauben- oder Fächer-Bewegungen aus, der letztere Ausdruck ist der zutreffendste. Denkt man sich in Fig. 34 die punktierte Linie a b und c d gezogen, so dreht sich der Schwanz um diejenige Feder des Schwanzes, welche ihre Wurzel in dem Schnittpunkt jener Linien hat, also um die mittelste Schwanzfeder, sodaß sich in Fig. 34 die rechte Schwanzspitze nach unten bewegt, und mit ihrer unteren Fläche die unter ihr ruhende Luft in der Weise nach hinten, unten und seitwärts fächelt, wie unsere Balldamen sich Kühlung mit dem Fächer zuwehen oder wie die Köchin und der Feuerarbeiter mit dem Federfächer das Feuer anfachen. Es bildet sich unter der rechten, und über der linken Schwanzfläche ein Luftkegel, welcher durch die Thätigkeit der Schwanzfläche in der Richtung der Pfeilstrahlen zurückgedrückt wird, während durch diese Reaktion der Vogelkörper vorwärts getrieben und ohne Flügelschlag diagonal aufwärts geschoben werden kann. So arbeiten diese Schwanzspitzen, sich fächelnd auf und nieder drehend und helfen mit der Flügel-Spannung den Vogel zu bedeutenden Höhen ohne Flügelschläge hinauftragen. Die Zuckungen aber entstehen nun häufig dann, wenn die Fächerbewegungen der Schwanzspitzen ihren höchsten und niedrigsten Punkt erreicht haben, und die entgegengesetzte Bewegung ins Werk gesetzt wird; der energischere Stoß des Bewegungswechsels mit einer oder der andern Schwanzspitze ruft die beobachteten

Zuckungen hervor; und ich denke mir, dann, wenn jedesmal eine Schwanzspitze von oben nach unten, also auf die tragende Luftsäule drückt. Drückt die rechte Schwanzspitze nach unten, so wird die rechte Flügelspitze vorgedrückt, und drückt die linke Schwanzspitze auf die tragende Luftsäule, so ist das beobachtete Zucken in entgegengesetzter Richtung. Der Vogel legt vielleicht zu Anfang der Bewegung oder nur zu Zeiten, je nach den Winddruck-Verhältnissen, einen größeren Druck in eine der Schwanzspitzen, und da diese bei ausgebreiteter Lage des Schwanzes weit von der Längsachse des Thieres liegen, so hat die Bewegung der Spitze auch Ruderwirkung auf die Längsachse des Körpers, wie ein wrickendes Pätschel auf den Kahn, und daher diese Zuckungen.

Diese Schwanzflächen-Arbeit ist besonders stark beim Aufkreisen schwebender Vögel, hier sieht man in dem Körper des Vogels gewissermaßen ein fortwährendes Arbeiten, das man sich gar nicht erst erklären kann, da doch das Thier gar keine Flügelarbeit leistet. Wie aber der Hai beim Schwimmen seinen Hinterkörper wie eine lebendige Schraubenwelle mit den Schwanzflächen im Viertelkreise hinum- und herumdreht, so dreht auch der Hai des Luftmeeres das Steißtheil seines Körpers lebhaft um seine Längsachse hin und her und arbeitet mit seinen Schwanzflächen dem Zuge der elastisch gespannten Flügelspitzen in die Hände und beide treiben ohne Flügelschläge den Vogel zu steigenden Bahnen hinauf, die oft bis über die Wolken führen.

Betrachten wir nun den Schwanz eines Raubvogels zur Prüfung, ob er wohl fähig ist, auf die Fortbewegung des Vogels zu wirken in dem beschriebenen Sinne, so ergiebt sich aus der Betrachtung des ausgebreiteten Schwanzes in Fig. 35 die Thatsache, daß die Federn 1, 2, 3, welche der Lage der Schwungfedern im ausgebreiteten Flügel am ähnlichsten sitzen, auch wie Schwungfedern geformt sind, d. h. den Federkiel vorn in der Fahne haben, also haben auch diese Federn die Wirkung wie Schwungfedern, also eine Wirkung für die Fortbewegung des Vogels. Denn sobald der Vogel mit

dem Schwanze anfängt zu fächeln, treten diese Federn sofort in Vorderspannung in der Richtung ihrer Pfeile und wirken somit auf den Forttrieb des Vogels; diese Spannung tritt sowohl bei der Auf- wie Abwärts-Bewegung der Schwanzseiten ein.

Je näher die Schwanzfedern nun nach der Mitte der Linie a b zu sitzen, um so mehr tragen sie den Kiel in der Mitte ihrer Fahne, so daß die Federn 5 und 6 den Kiel völlig in der Mitte haben.

Beim Sumpf- oder Rostweih (Circus rufus L.) zählte ich 12, beim Habicht (Taubenstößer, großer Sperber ꝛc.) dagegen nur 11 Schwanzfedern, vielleicht war hier eine verloren. Bei letzterem war der Schwanz und die S ch w u n g federn des Schwanzes viel schöner ausgebildet, ein Zeichen, daß der Schwanz hier mehr gebraucht wird als beim plumpen Weih, der übrigens auch herzlich schlecht schwebt.

Zugehörig zu dieser Schwanzflächen-Thätigkeit ist die größere Ausbreitung der Flugflächen. Auch dies hat seinen guten Zweck, denn bei größerer Ausbreitung der Flügel wird die Spannung jeder einzelnen Feder größer, weil sie isolirter dasteht, das heißt, von der Stütze der Nebenfedern sich frei gemacht hat. Die Horizontal- wie Vertikal-Spannung der S ch w u n g federn ist aus angeführtem Grunde g r ö ß e r als bei mehr eingezogenem Flügel, ebenso ist die Vertikal-Spannung der übrigen Flügelfedern höher, sodaß die hintersten Kanten derselben eigentlich über die horizontale Lage sich hinausbegeben müßten, — dies geschieht jedoch nicht, weil der Flügel in der Streckmuskulatur einen selbstthätigen Regulator hat, welcher beim Vorwärtsstrecken der Flügel die hinteren Flügelränder um so viel herunterdrückt, als diese sich würden durch ihre Isolirung hochbegeben müssen; daher liegt die Hauptflügel-Fläche j e d e r Seiten-Strecklage stets in der F l u g richtung, wie ich dies bereits erwähnte.

Die höhere Spannung der Flügelspitzen hat aber eine größere Flugwirkung; diese Mehrkraft ist der Umsatz größerer

Muskel-Spannkraft — denn ohne Grund leistet die Feder keine größere Spannkraft.

Ebenso ist es nun auch mit der größeren Ausbreitung des Schwanzes, auch hier treten die Federn in isolirtere Stellungen, wie dies sogar an dem Storchschwanze in Fig. 36 deutlich zu erkennen ist, wo der ankommende, landende Segler seinen, eigentlich klein zu nennenden Schwanz zu Hülfe nimmt.

In Fig. 35 ist ein ausgebreiteter Schwanz mit isolirten Federspitzen dargestellt in einer Stellung, in der in der Regel Flugarbeit ausgeführt wird. Die Federn 1, 2 und 3 jeder Seite kann man als Schwungfedern bezeichnen, weil sie wie Schwungfedern des Flügels annähernd geformt sind. Schneidet man den ausgebreiteten Schwanz von a bis b durch, so hat jede Hälfte Aehnlichkeit mit einem Flügel, die Bauart der Federn ist dieselbe, wie an einem Flügel und ihre Wirkung ist bei der Schrauben-Bewegung des Schwanzes genau so, wie die der Flügelfedern beim Flügelschlage, denn die Federn 1, 2 und 3 haben bei der Schrauben-Bewegung, welche doch um die Linie a b schwingt, den weitesten Weg, wie die Schwungfedern beim Flügelschlage, und da die Federfahnen hinter dem weiter vorn sitzenden Schaft der Schwanz-Schwungfedern dem Luftdrucke leichter nachgeben, so bildet sich auch hier unter und bei entgegengesetzter Bewegung über der Federfläche ein Luftkegel, welcher die elastische Vorwärts-Spannung der Federn — siehe die punktirte Form 1 — zur Folge hat. Ob sich nun diese seitliche Schwanzspitze auf- oder abdreht, immer wird der Luftkörper jenes Kegels in der Richtung der Pfeilstrahlen zurückgeworfen, während die Gegenkraft der elastischen Feder-Spannung den Vogelkörper in der entgegengesetzten Richtung fortschiebt, genau wie bei der Flügelspitze dies der Fall ist; und es tritt uns hier die unabweisliche Thatsache vor Augen, daß die Natur dem Vogel, den sie zum senkrechten Hoch-Schweben ausgestattet hat, in seinem breiten Schwanze ein Paar Hülfsflügel verliehen hat, wie sie praktischer nicht gedacht werden können. Ob der gut schwebende Storch, der bei Vertheilung dieser Hülfsflügel

etwas kurz weggekommen zu sein scheint, dafür einen Ersatz in der Spreiz- und Vibrations-Fähigkeit seiner Flügel-Schwungfedern erhalten hat, müßte wohl noch zu constatiren sein, man sieht aber an Fig. 36, daß der Storch selbst seinen kleinen Schwanz zu Hülfe nimmt, wenn es das Gebot erfordert.

Betrachten wir aber die Schwanzfedern und die ganze Schwanzfläche, so fällt uns auf, daß keine von beiden irgend eine Wölbung — etwa wie Flügel im Zustand elastischer Ruhe — zeigt. Beim Flügel ist diese Wölbung nöthig, damit sie sich bei ihrer Spannung und Belastung gerade recken und in die ebene Flugrichtung stellen kann. Daß der Schwanz diese Wölbung nicht hat, ist ein sicheres Zeichen, daß er zur Tragung und Belastung nicht bestimmt ist, sondern nur zur Fortbewegung, oder wir wollen sagen, zur Wirkung in der Richtung der Längsachse des Vogels nach dem Kopfe des Vogels zu.

Daß die Federkiele des Schwanzes ganz gerade, weder nach unten oder hinten, oder sonstwie gekrümmt sind, — etwa wie die Schwungfedern der Flügel — ist ein Zeichen, daß sie nicht nur beim Ab- sondern auch beim Aufwärtsfächeln wirken sollen; — man mag hinsehen in der Natur wohin man will, überall sieht man das höchste Anpassungs-Vermögen.

Da aber die Natur die **Haupt**wirkung der Vogel-Fortbewegung in die Flügel**spitze** verlegt hat, so hat sie den Eintritt dieser Wirkung auf das denkbar höchste begünstigt.

So hat sie, wie in Fig. 37 dargestellt, die Flügel-Schwungfedern, ungefähr im Punkt o, die Flächenbreite beinahe scharfkantig verringert, damit zwischen den äußeren Spitzen und Enden der Federflächen ein merklicher Zwischenraum ist, und diese Flächen, in denen die Spannung am höchsten ist, ungehindert sich hochrecken und ihre wirkungsvollen schrägen Flächen, bezw. Luftkegel bilden können. Würden diese Flächen so breit bleiben, daß sie sich gegenseitig berührten und an einander rieben, so würde dies die gute Wirkung und Funktionirung beeinträchtigen, welche für den Spannungseffekt erforderlich ist.

Diese Flächenverringerung ist bei den Schwungfedern nebst

der krummen Kielform das Characteristikum der Flügelfeder, die Schwungfeder des Schwanzes hat diese Zeichen nicht.

Anscheinend hat die Natur bei manchen Vögeln sogar einen Schwerpunkt in die Flugthätigkeit der Schwanz-Schwungfedern gelegt, denn sie hat diese geradezu besonders hervorragend gestaltet, wie dies in Fig. 38 bis Fig. 42 ersichtlich zu machen versucht ist. All diese Thiere müssen im Stande sein, bei Ausspreizung ihrer Schwanzfedern wirkungsvolle Fächerbewegungen damit auszuführen. Besonders aber vom Schwebe- und vom Schwalbenweih wissen wir, daß es ganz vorzügliche Schwebevögel sind, sollte bei diesen Thieren die Bauart des flügelähnlichen Schwanzes Zufall sein? Gewiß nicht! Hier wird der Schwanz im besten Sinne des Wortes Hülfs f l ü g e l darstellen und hohe F l u g t h ä t i g k e i t entwickeln.

Die Thätigkeit des Schwanzes aber giebt uns einen deutlichen Fingerzeig, daß wir an unseren dereinstigen Flug-Apparaten als Hülfskräfte auch elastische Schrauben anzubringen haben, und ist uns über die Construction derselben ein gutes Modell in den Schwungfedern eines Schwebevogels gegeben.

Ich spreche den beiden Schwanzfedern in Fig. 38 wegen ihrer kräftigen Bauart eine sehr gute Wirkung zu, es sind dies Federn, denen man, wie es im gewöhnlichen Leben heißt, etwas bieten kann, es wäre mir interessant, an diesen Thieren während ihres Fluges in dieser Hinsicht Studien machen zu können, denn man findet im Allgemeinen über den Flug der Vögel von den Naturforschern sehr wenig mitgetheilt, und das Wenige ist nicht eingehend genug, es kommt hier oft auf kleine Bewegungen und auf äußerst gewissenhafte Beobachtung, welche große Uebung und Schulung erfordert, an; außerdem muß man sich klar sein, w a s man beobachten will und besonders nur d a r a u f sein Augenmerk richten. Falls man das Gesuchte oder Vermuthete gefunden hat, muß man sehen und controliren, ob man nicht etwa das Gegentheil an anderen Vögeln findet, und so mit Beharrlichkeit und Gewissenhaftigkeit weiter gehen. Es ist dies eine sehr mühevolle und so oft

resultatlose Arbeit, weil die Bewegungen so schnell vor sich gehen, daß sie oft nur blitzartig dem Auge erscheinen, und die Vögel eben nicht immer in der Stellung zu uns fliegen, wie es erforderlich wäre, um gerade das sehen zu können, was wir wollen.

So habe ich, um ein Beispiel anzuführen, mir wiederholt die Frage vorgelegt, weshalb die Elster so sehr selten Gebrauch von ihrem Schwanze macht, und habe mir die erdenklichste Mühe gegeben, Etwas in dieser Hinsicht zu beobachten, aber obwohl ich seit Jahren diese Thiere täglich vor meinen Fenstern habe und nie unbeobachtet lasse, so ist es mir in den langen Jahren meiner Beobachtung nur ein einziges Mal wirklich gelungen, zu sehen, daß ein solcher Vogel seinen Schwanz weit ausbreitete, und ihn als Schraube gegen einen Sturmwind benutzte. Ich sah, wie dieses Thier sich abmühte gegen den Sturm zu fliegen, es kam aber bei heftigster Flügelarbeit nicht an den vielleicht nur 10 Meter entfernten Baumcomplex heran, der ihm Schutz gewähren sollte. Das Thier machte dieselben Bewegungen mit dem Schwanze, wie ich dies beim schwebenden Vogel beschrieben habe, nur energischer, sodaß vielleicht der Ausdruck „Schraubenbewegung" dafür gesetzt werden könnte, das Merkwürdigste aber dabei war das, daß der Vogel während dieser Schraubenbewegung beide Flügel eingezogen hatte. Die Bewegung selbst geschah in der Weise, daß sich der ganze Vogelleib um seine Längsachse so hoch drehte, daß die Füße nicht wie beim horizontalen Fluge senkrecht nach unten, sondern etwa eine Viertelwendung erst rechts, dann links zur Höhe ausführten, der Vogel sich also halb gedreht hatte.

Nachdem diese halbe Drehung, wobei der Kopf tiefer als der Schwanz lag, beendet war, breitete der Vogel seine Flügel wieder zu ein paar energischen Schlägen aus und darauf folgte wieder eine Schraubenbewegung, wobei ich sehr deutlich beobachten konnte, daß die Schraubenbewegung das Thier um etwas mehr wie Handbreite gegen den Sturm trieb, aber weiter nicht, was ich sehr genau abmessen konnte, weil im

Hintergrunde, gerade wie Lineale, hohe Schornsteine standen; so kam der Vogel endlich mit Aufbietung aller Kräfte im Gehölz des schützenden Parkes an.

Hieraus sieht man, wie wichtig auch die Schraubenarbeit der Schwanzfläche sein kann wenn es Noth thut; zudem ist der Elsterschwanz nicht einmal so zur Schraubenarbeit gebaut, wie z. B. bei dem Gabelweih und den anderen bedeutenderen Schwebevögeln. Es ist ja Thatsache, daß viele Vögel gar keinen Schwanz haben und doch ganz gut fliegen, dagegen ist der Schwanz aber bei den Vögeln, die ihn haben, sicher von Werth, und nur durch seine energische Thätigkeit wird es dem Vogel möglich ohne Flügelschlag sich zu Höhen aufzuschwingen, zu denen ihn sonst nur die Hülfe des Flügelschlags tragen könnte, denn der Flügel-Spannung allein ist dies nicht möglich und Wind hat für den Vogel alleinige Kraft nicht. —

Wie es mir aber nur einmal in der langen Zeit meiner Beobachtungen möglich war, mich von der Schwanz-Thätigkeit der Elster zu überzeugen, so sind noch mehrere Fälle meiner Beobachtungen so selten auszuführen gewesen, daß ich sie als reine Glücksumstände betrachten muß. An gefangenen Thieren Studien zu machen ist ja nicht so schwierig, — mir kam es aber darauf an, die Studien in der Freiheit der Thiere vorzunehmen. So habe ich mich an blühende Sträucher gesetzt und habe mit einem großen Vergrößerungs-Glase die zahllosen Bienen und Käfer im Schwirren belauscht, und habe bei den Tausenden, die unter meinen Augen sich tummelten, auch nur einige Male deutliche Flügel-Bewegungen unterscheiden können, weil die Sonne durch die Flügel-Bewegungen blitzte und im Hintergrunde Schatten war, nur weil die Sonnenstrahlen einen Moment im richtigen Winkel schienen, war es möglich, die Bewegung zu erfassen, sonst aber nicht. — Auf diese Art habe ich mir körnerweise im Laufe vieler Jahre Alles mühsam zusammen tragen müssen um die hier niedergelegten Erklärungen und Erläuterungen über die Theorie des Schwebens und des Fluges überhaupt geben zu können, und es hat lange gedauert, bevor ich die gesammelten Körner, die wirr durch-

einander lagen, geordnet und gegliedert und zu einem System vereinigt habe, weil eben die Schwierigkeit der Beobachtung so schneller Flugmechanismen zu groß war.

Ebenso erging es mir mit der Beobachtung der Schwungfedern eines Schwälbchens; — das Thierchen schwebte an meinem Auge vorüber während ich im Schatten eines Parkbaumes an einem freien Grasplatze saß um diese dort massenhaft nach Nahrung jagenden lieblichen Flieger zu beobachten. Das Vögelchen schoß durch einen Lichtstrahl, der durch das Hohlsein eines Baumes isolirt war, und in diesem Augenblicke sah ich deutlich die ganze Contur der äußersten Schwungfedern in ihrer Spannung und Arbeit, und den Unterschied zwischen einer durch Flügelschlag, durch bloße Schwerkraft gespannten und einer in meiner Hand befindlichen, ungespannten Feder, denn das Thier führte gerade in dem Lichtblitze einen tüchtigen Flügelschlag aus, der mir im Augenblick des Lichteffekts still zu stehen schien, wie man dies an rollenden Rädern eines Nachtschnellzuges wahrnimmt, wenn der Blitz zuckt und die Räder einen Augenblick sichtbar macht.

Bei der Beobachtung der Horizontal-Spannung der Schwungfedern des Sperlings, der Kohl- und Blau-Meise habe ich mir's insofern leichter machen können, als sich diese Thierchen im Winter durch Ausstreuen von Futter auf mein Fensterbrett in meine Nähe, bis dicht vor meine Augen locken ließen, so daß ich sie beim Herfliegen deutlich durch die mich verdeckende Gardine belauschen konnte; ich sah die gesuchte Spannung sehr deutlich und zwar beim Anflug sehr stark, stärker als beim gewöhnlichen Flügelschlage.

Bei der Amsel, der Weindrossel, dem Finken habe ich die deutlichsten Beobachtungen gemacht als Alles weiß im Schnee lag und somit ein heller Untergrund vorhanden war. Buntspechten bin wiederholt auf dem Zweirad auf Chausseen, wo sie von Baum zu Baum vor mir herflogen, nachgefahren.

Auch ist mir aufgefallen, daß die Gänse in den Dörfern, sobald ich schnell mit dem Stahlrade das Dorf passirte, anfingen zu schreien, zu laufen und zu fliegen, und war die

Richtung ihrer Bewegungen nicht etwa eine sich von mir fortbewegende, sondern häufig auch mir entgegenkommende, von Furcht dürfte also keine Rede sein.

In derselben Weise laufen Pferde hinter Radfahrern her, nachdem sie ein paar muthige Sprünge ausgeführt haben; es hat den Anschein, als ob die schnelle Bewegung, gleichsam der Flug des Radfahrers, die Sehnsucht dieser Pferde und Gänse zum Fluge wachriefe, und als ob auch auf sie das Goethe'sche Wort Anwendung fände, daß es Jedem eingeboren, daß er hinauf und immer v o r w ä r t s fliegt. Ebenso wandelt fast jedem Jungen und manchem Mädchen im Flügelkleide die Lust an, neben Radfahrern herzulaufen; die Lust an schneller Bewegung scheint allgemein zu sein, aber auch zugleich sehr ansteckend, denn man kann sehr häufig beobachten, daß wenn ein Thier einer Herde zu laufen beginnt, sich, zumal auf großen Weiden, fast alle in Bewegung setzen.

10. Die steigende Gleitkraft auf schräger Fläche.

Wie Körper auf geneigten Flächen leichter beweglich sind als in horizontaler Richtung, und wie Räder, Kugeln und Schlitten bergab an Geschwindigkeit zunehmen, so gleitet der Vogelflügel auf geneigter Bahn mit wachsender Beschleunigung fort und es ist sehr deutlich zu beobachten, daß er sich häufig ohne jeden Flügelschlag höher hebt als er vor dem Gleiten auf schräger Fläche war.

Dieses Gleiten auf schräger Fläche ist nun den Flugbeflissenen am leichtesten nachahmbar erschienen, und dennoch ist keine andere Methode zu finden, mit deren Hülfe man nur ein paar Meter weit seitwärts fortgleiten kann, als die, welche die Vögel anwenden. Bei Luftschiffen (Ballons) wären schräge Flächen gut angebracht, bei Flugapparaten fehlte die Methode

der Ausnutzung schräger Flugflächen bisher und [illegible] je ist. doch kein Fortkommen in der Luft möglich. Sämmtliche Versuche mit Flugmaschinen aus schrägen Flächen und [illegible]enen Flugwinkeln, wie die von Henson, Wenham, Stringfellow und Anderen sind gänzlich fehlgeschlagen, und doch sehen wir täglich, daß sich die Vögel so gewandt auf den schrägen Flächen ihrer Flügel bewegen.

Wie geht das zu? woran liegt das? —

Wir haben an dem Fallschirm-Experiment in Fig. 2 gesehen, daß der Luftdruck jede schräge Fläche auf den Kopf stellt, warum stellt er nicht auch die Flügel des Vogels, der schräg herunter schießt, auf den Kopf? Solcher Vogel gleitet vielmehr diagonal wie ein Pfeil abwärts, ebenso im Zickzackzuge die Schnepfen.

Betrachten wir die Fallschirm-Constructionen, wie sie heute noch gebräuchlich sind, so sehen wir, daß der Schwerpunkt genau unter der Flächenmitte hängt. Jede Verschiebung dieser Fläche erzeugt während des Falles zum Schwerpunkt eine schräge Fläche, welche das Bestreben zeigt, den Schwerpunkt wieder unter ihre Mitte ziehen zu wollen, wie dies jüngst bei Leroux, der dabei sein Leben verlor, sich zeigte, denn hier wurde die Fallschirmfläche durch einen Windstoß seitwärts über den Luftschiffer fortgeschoben. Der Schwerpunkt sucht infolgedessen seine Ruhelage unter der Mitte der Fläche auf, da er aber nicht plötzlich in dieser Lage halten kann, vielmehr wie ein Pendel über die Senkrechte hinausschlägt, so entsteht nun auf der entgegengesetzten Seite des Luftschiffers eine schräge Fläche des Fallschirmes, und die Pendelei geht von vorn los. Bei dem Fall Leroux wurde das Pendeln so groß, daß der regenschirmähnliche, nicht ausgesteifte Fallschirm förmlich zusammenklappte. Um das Unglück voll zu machen geschah dies dicht über dem Wasser, eine große Fallhöhe würde ja die Ruhelage allmälig doch wieder hergestellt haben, und der Mann fiel in's Meer und ertrank noch ehe Hülfe kam.

Bei meinen Fallversuchen mit verschiedenen Flächen fand ich, daß ein Fallschirm wie in Fig. 43 — es ist dies die

bereits von dem cand. math. Hengler aus Reichenhofen in Würtemberg im Jahre 1832 benutzte Fallschirmform, — also umgedreht wie die üblichen Fallschirme dargestellt, viel schwankungsloser als die letzteren fällt, und trotzdem diese Form mehr auf ein Durchschneiden der Luft schließen läßt, so habe ich bei den kleinen Formen doch einen sonderlichen Unterschied in der Fallgeschwindigkeit nicht gemerkt. Das ließe sich aber durch wenig spitze Formen vermeiden. Ein größerer Vortheil dieser Fallschirme besteht aber darin, daß sie sich durch Anziehen seitlicher Leinen verstellen und somit etwas lenken und seitlich bewegen lassen; in Fig. 43 würde die Bewegung ungefähr in der Richtung des Pfeiles und zwar langsam vor sich gehen, weil die linke Seite des Trichters die Bewegung und zugleich das Umkippen hemmt. Es ist selbstverständlich, daß die Basis des Kegels entsprechend aufgesteift sein muß.

Eine andere Construction, bei welcher der Luftdruck eine schräge Fläche duldet, ist in Fig. 44 dargestellt. Nimmt man eine Düte und klemmt in den Rand der Basis derselben ein Holzstück a, läßt diesen Apparat fallen und hat man die Basis nicht genau begrenzt, so fällt der Apparat langsam, nicht geradlinig, sondern spiralförmig zu Boden; ich habe übrigens nie eine gerade Linie des Falles herausbekommen können, — mittelst Steuer ging dies leichter. Hier verhindert die offene Basis des Trichters das Umschlagen sowohl wie eine zu rapide Bewegung.

Vergleichen wir die Tragung der Schwere seitens der Flugflächen bei den Fluggeschöpfen, so finden wir hier eine frappante Uebereinstimmung, und ob das Fluggeschöpf nun Vogel, Fledermaus, Libelle, Fliege, Käfer, Schmetterling, Heuschrecke, Mücke ist, Alle haben ihre Flügelwurzeln oben im Vorderkörper und ihren Schwerpunkt hinter diesen Wurzeln, sodaß der Schwerpunkt hebelartig auf die Flügel-Wurzeln und Flächen wirken kann, und daß jedes Thier seinen Schwerpunkt hinter seinen Flügel-Wurzeln herzieht, sobald es fliegt.

Sämmtliche Fluggeschöpfe bilden hierin nur eine Classe, es giebt einzelne, aber eben nur scheinbare Ausnahmen.

In Fig. 45 ist der Leib des Storches in seiner Länge und Quere durch die Kreuzlinien durchschnitten, und wir sehen, daß die Flügel-Wurzel des linken Flügels da in den Körper tritt, wo das Kreuzchen hingezeichnet ist; an dieser Stelle hängt also der ganze Vogelkörper am Flügel und verhindert so, hebelartig, das Aufkippen der hinteren Flügelränder leichter als wenn die Flügelwurzeln in der Mitte des Leibes säßen. Der Storch und andere Stelzvögel streckt nun außerdem seine langen Beine wie Hebel, und die übrigen Vögel ihre Schwanzfläche, die auf den Kreuzpunkt hebelartig wirken, nach hinten. Bei Construction des Zukunfts-Flug-Apparats haben wir mit diesem Factor zu rechnen, denn die Schwanzfläche hält Windstrich und steuert.

Nebenbei sei hier bemerkt, daß der Storch in Fig. 45 sich nach unten in die Flügel wirft, um sich durch den Fall auf geneigter Bahn eine nothwendige lebendige Kraft zum Anflug zu verschaffen. Diese Art des Anflugs muß leichter sein als in die Höhe zu springen und durch Flügelarbeit den Antrieb zu bewirken, denn daß sich der Vogel das Bequemste aussucht, darauf läßt sich sicher rechnen; -- und das ist auch für uns Menschen zunächst maßgebend. Alle bedeutenderen Segler verschaffen sich den Antrieb am liebsten von erhöhten Punkten durch Sturz in eine geneigte Gleitbahn.

Die größeste Geschwindigkeit, welche je ein lebendes Wesen erreicht, gewinnen Raubvögel durch Herabgleiten auf schrägen Flächen. Die flotteste Schwalbe, die sausende Taube ist dem fluggewaltigen Räuber verfallen, wenn er über Allen schwebt, er schießt mit der wachsenden Fallkraft oft so schnell hernieder, daß man seinen Körper nur wie einen huschenden Schatten sieht, und wenn man in der Nähe ist, ein Rauschen der durchschnittenen Luft hört. Ich beobachtete einen großen Stößer, der sich im Fallstoße gar nicht halten konnte, gar nicht Herr seiner rasenden Geschwindigkeit war und sich an den Aesten eines trockenen Apfelbaumes das Genick brach, jedenfalls auf der Stelle todt gewesen ist, weil das Gras, auf dem er lag, keinerlei Spur zeigte, daß ein Todeskampf stattgefunden hatte.

Ein anderes Mal war ich nicht 5 Schritte von einem Sauerkirschen-Strauchbaum entfernt, in dem sich 5 bis 6 Sperlinge heftig zwitschernd bissen. Plötzlich rauschte es neben mir, ich sah mich um und gewahrte einen Sperber, der mit einem Sperling in den Fängen bereits schon wieder im Auffliegen begriffen war, und von den übrigen Sperlingen war nichts zu hören und nichts zu sehen. Der Stoß kam so schnell und unerwartet, daß die streitenden Vögel völlig überrascht wurden, außerdem muß der Stoß aus bedeutender Höhe erfolgt sein, denn sonst wäre das Thier sowohl von den Sperlingen wie auch von mir gesehen worden.

Einen Sperling dagegen im regelrechten Fluge zu fangen, muß dem Sperber ziemlich schwer fallen, denn ich habe gesehen, daß ein Sperling wohl 500 Schritt weit, auf Armeslänge, von einem Sperber in horizontalem Fluge verfolgt wurde und ich habe nicht gesehen, daß sich die Distance zwischen beiden verringert hätte. Das Ende des Wettfluges sah ich leider nicht. Dagegen beobachtete ich eine wilde Jagd auf eine Haubenlerche im freien Felde, welche mit dem Tode der letzteren endete. Der Sperber trieb das geängstete Thierchen bald hoch, bald zur Erde, und suchte sich immer über sein Opfer zu erheben und wie ein Pfeil darauf herniederzustoßen, wobei das Vögelchen zuerst stets geschickt auszuweichen vermochte, doch endlich ließen seine Kräfte nach, während die des Räubers zu wachsen schienen. Es fiel mir bei dem Jagen auf, daß das geängstigte Thierchen ununterbrochen, doch in nicht allzuschnellen Pausen, Töne ausstieß, aber zu meiner Verwunderung keine Angstlaute, sondern die ruhigen, gewöhnlichen Zitt-Zitt-Zitt-Töne, die man fast immer hört.

Daß die Raubvögel im Kampf ums Dasein gewaltige aktive Flügelarbeit leisten und, wenn der Hunger treibt, selbst ihresgleichen anfallen, habe ich im Winter 1888 gesehen, wo der große Sperber einen kleinen Raubvogel zu Boden schlug und nach hartem Kampfe auf fester Schneedecke zerriß und bis auf die Füße und den Kopf verzehrte, wobei der Sieger selbst sich so am Flügel verwundete, oder verletzt wurde, daß

er nicht fliegen konnte und von mir gefangen wurde. Er hatte trotz der schweren Verwundung sich herzlich satt gefressen, ein Zeichen, daß der Hunger noch über die Schmerzen geht.

Daß es aber Vögel giebt, die selbst den Stoß des gewaltigen Adlers nicht fürchten, erzählt die Gartenlaube in ihrem Jahrgang 1863; und zwar scheut sich der rothe Würger, ein Vogel von nur 1 Fuß Spannweite, nicht, den weißköpfigen Adler zu chikaniren und sich mit ihm herumzujagen, sodaß es häufig vorkommen soll, daß der starke Aar, dem kleineren, aber gefechtsgewandteren Würger sein Jagdrevier überläßt und sich ein anderes sucht; man sieht, daß es in der Luft nicht immer auf Stärke, sondern auf Manövrirfähigkeit ankommt, auch ein kleiner Gegner kann da empfindliche Stöße versetzen, wo der große sich nicht so gewandt decken kann. So sah ich auch, daß eine Goldammer einen Staar aus dem Felde schlug und mehrere 100 Schritte weit in der Weise verfolgte und peinigte, daß sie unter den Schwanz des Staars hinflog und ihn fortwährend zwischen die Schenkel mit ihrem derben Schnabel stieß, ohne daß der Staar sich irgendwie wehrte; dieser Schwarzrock kam mir ganz hülflos gegen die Ammer vor, die doch viel kleiner ist als der Staar. Auch ist es keine Seltenheit, daß sich der Spatz ähnlich an der Taube vergreift.

Es hat den Anschein, als ob die Achilles-Ferse der größeren Vögel — kleineren Angreifern gegenüber — unter dem Steißtheile läge, weil die Angegriffenen dort sich jedenfalls schlecht vertheidigen können.

Zum Schluß dieses Kapitels sei also hervorgehoben, daß wir ohne die Bildung schräger Flächen in der Luft nicht fortkommen, und daß der Vogel nur deshalb so gut mit diesen fortkommt, weil er hebelartig gegen das Bestreben des Aufkippens der Flugflächen wirkt, indem er seine Flügelwurzeln im oberen Vorderrumpfe hat, und der längere Vogelleib hebelartig an den Flügelwurzeln hängt, und so den hintensitzenden Schwanz als Steuer gebraucht. Diejenigen Theoretiker aber, welche glaubten und noch heute glauben,

ein Gleiten auf schräger Fläche ließe sich ohne Weiteres mit einer Fläche ausführen, haben ihre Theorie nicht am kleinsten Experiment erprobt, sonst würden sie derartige Vorschläge nicht auftischen, wie sie in der Neuzeit noch geschehen sind.

Um aber möglichst klar zu sein über den Dienst geneigter Flächen beim Schweben, sei bereits Erwähntes nochmals an der Hand einer Zeichnung klar gemacht.

In Fig. 46 stellen die Linien f und g über einander liegende Parallelen vor, die Linie b a ist die Höhe, um die jene Linien aus einander liegen. Hebt man von b nach a eine Wassermasse, so ist man durch Anlegung eines schrägen Gerinnes im Stande, diese Wassermasse um das Vielfache ihrer gehobenen Höhe fort zu transportiren. Man kann dieses Gerinne bei c, bei d oder e auslaufen lassen, oder ihm innerhalb der Parallelen die weiteste Ausdehnung geben, es wird die Wassermasse den weitesten Weg durchrinnen, sofern nur noch der geringste Fall vorhanden ist. Dieselbe Arbeit, die geleistet ist, um die Wassermasse von b nach a zu heben, wird auch wieder geleistet, wenn diese Masse von a nach b fällt, oder wenn sie von a nach c, oder von a nach d, oder nach jedem Punkte der Parallele g fällt. Liegt der Endpunkt des Falles nahe am Punkt a, so wird die Masse schneller fallen als wenn sie nach einem weiteren Punkte fällt, aber die Kraft der Bewegung bleibt sich in allen Fällen ganz gleich, und ist in Summa nicht größer als wie durch den Fall derselben Masse von a nach b geleistet wird.

Diese Art des Transportes von Wasser, Rutschbahnen oder Kugelbewegungen bietet insofern Vortheile, weil ein kurzer vertikaler Höhengewinn einen vielfach längeren, horizontalen Transportweg der gehobenen Last zur Folge hat, wir haben dabei aber die Umstände, entweder ein Wassergerinne, eine Rutsch-, Eisen- oder Kugelbahn bauen zu müssen. Nur ein Geschöpf genießt ohne gebaute Bahnen die große Gunst dieses Horizontal-Transportes seiner Körperlast, das ist der Vogel. Dem Vogel baut diese günstige, weite Bahn sein meisterhaft construirter, elastischer Flügel.

Doch der Transport des Vogelkörpers auf so geneigter, schräger Fläche bildet im Vogelfluge nur die Ausnahme und ist nicht Regel. Alle Vögel gebrauchen diese geneigte Fläche beim Landen, die Raubvögel während der Jagd auf ihr Opfer, und während der pendulirenden Schwebe-Bewegungen, wenn sie mit dem Winde ziehend aus den Schleifen, mit denen sie Halbkreis an Halbkreis knüpfen, in die Windrichtung einlenken, um sich eine schnellere Bewegung als die des Windes zu geben.

Ob wir Menschen, mit einem Flug-Gebild von unserer Hand es je so weit durch Fall auf schräger Fläche bringen werden, wie auch neuerdings wieder vorgeschlagen ist, möchte sehr dahingestellt sein. Ich habe gefunden, daß alle einzelnen, starren, schrägen Flächen mit nur einigermaßen belangreichem Gewicht kopfüber zu Boden fallen und ihre Fluglast keinen Meter weit tragen, sofern nicht genügende Steuer-Flächen vorhanden sind, und so sieht man denn auch in der Vogelwelt, der die öconomischeste aller Flugbewegungen, das Schweben, verliehen ist, daß diese Schwebe-Bewegung bei horizontaler Lage, aber nicht in horizontaler Linie vor sich geht, sondern daß die Flügel allmälig in die von ihnen passirten Luftsäulen einsinken. Durch die horizontale Lagerung der Flugflächen zeigt die Natur, daß es ihr beim Schweben nicht darum zu thun ist, die durch die gewonnene Höhe erlangten Arbeitskräfte so schnell als möglich durch Herniederschießen auf geneigter Bahn zu verbrauchen, sondern daß es vielmehr im Wesen des Schwebens liegt, die zur Verfügung stehende Kraftsumme so weit wie möglich in die Länge zu ziehen und den Transport des Flugkörpers so weit als thunlich zu bewirken. — Sie hat deshalb, um dem horizontal gelagerten Vogel eine Vorwärts-Bewegung zu geben, ihm durch die Horizontal-Spannung seiner Schwungfedern eine horizontal wirkende Zug-Componente verliehen, die den Vogel rastlos, mechanisch, ohne direktes Zuthun des Thieres, von einer Luftsäule auf die andere fortzieht und so den Wechsel der Luftsäulen, der das größeste Fallhinderniß bildet, weil er gleichen Werth wie Windkraft hat, selbstthätig ausführen läßt. Wenn

daher der Vogel von der Höhe a der Fig. 46 den Punkt e schwebend erreicht hat, so ist auf diesem langen Wege nicht mehr Arbeit geleistet worden, als wenn das Thier von a nach b gesunken wäre. Die Spannkraft der Flügel hatte aber die senkrechte Fallkraft der kurzen Strecke a b aufgenommen, und da der Vogel horizontal gelagert war, zu einem Transport auf horizontaler Bahn aber weit weniger Kraft gehört, als die zu transportirende Last am Falle zu verhindern, so genügte die empfangene elastische Spannkraft, um den Flugkörper während des Höhenverlustes von Parallele a nach b zugleich bis e fortzuziehen; es ist dies nur ein Umsatz kurzer Vertikal-Fallkraft in länger anhaltende horizontale Zugkraft. Die als Umsteuerer im Flügel eingeschaltete, geeignete, elastische Flächen-spitzen-Construction erweist sich hier als Selbstregulator und trefflicher, haushälterischer Verwalter eines empfangenen Kraft-kapitals, und wie ich dies bereits anderweit hervorgehoben habe, will ich das bildliche Beispiel nochmals wiederholen, es ist gleichsam, als ob die Spannungs-Energie im Vogelflügel eine Kasse wäre, die das Kraftkapital in **senkrechten kurzen** Geld-Rollen empfängt und in **horizontal** hingezählten, **langen** Reihen wieder ausgiebt. — Mehr als man aber in eine Kasse hineingethan hat, kann man nicht wieder herausnehmen.

Nach langem Suchen fand ich folgende Angaben über das Verhältniß von Zugkraft zu der zu ziehenden Last.

Dr. Schellen sagt auf Seite 450 und 451 seiner Elementar-Mechanik über die Zugkraft, welche zur Fortbewegung eines Wagens erforderlich ist:

„Die zum Fortbewegen eines Wagens nöthige Zugkraft oder Kraft, die auf den Wagen wirken muß, um die Widerstände zu überwinden, ist je nach der Beschaffenheit des Weges sehr verschieden. Durch zahlreiche Versuche hat man für die verschiedenen Fälle die Größe dieser Zugkraft zu bestimmen gesucht und man ist dabei zu folgenden Hauptresultaten gekommen:

1. daß die erforderliche Zugkraft proportional ist zu dem

Drucke, den die Räder auf den Boden ausüben; außerdem hat man durch Versuche festgestellt, daß diese Kraft fast keine anderen Widerstände außer den genannten zu überwinden hat.

Zugkräfte: Beschaffenheit des Weges.	Verhältniß der erforderlichen Zugkraft zur voll. Belastung.
Natürliches Terrain, nicht gestampft, thonig, trocken	0,250
„ „ „ „ kiesig	0,165
Festes „ gestampft und geebnet	0,040
Schotterstraße, sandig oder frisch bekieset	0,125
„ bei gewöhnlicher Unterhaltung	0,080
„ „ sehr guter „	0,033
Gepflasterte Straße im Schritt	0,030
Gepflasterte Straße „ Trabe	0,070
Brückenbahn von ungehobeltem Eichenholz	0,022
Schienenbahn von Eisen oder sehr hartem Stein	0,010
Eisenbahn aus sehr guten Kantenschienen	0,007
„ ebenso, die Wagenachsen in beständiger Schmiere	0,005

Danach kann man also mit 1 kg. 200 kg. fortbewegen, und zur horizontalen Bewegung eines Menschen gehört demnach nicht viel Kraft.

Denjenigen, die sich mit der elastischen Kraftwirkung der Horizontal-Spannkraft der Schwungfedern nicht gleich befreunden können, sei in Erwägung gegeben, daß nach Ansicht Robert Mayers über die Erhaltung der Energie, diese elastische Spannung weiter nichts ist, als eine Differenzlage der Materie im Materiale der Flugwerkzeuge, die ihren Ausgleich sucht, d. h. ihre normale Ruhelage der Materien-Atome neben einander wieder aufzusuchen strebt.

Mayer nennt die Fallkraft „räumliche Differenz“, und meint damit den Abstand, den ein schwerer Körper von der Erde hat. Das, was heute „Arbeit“ genannt wird, nennt Mayer „mechanischen Effekt“. So lange daher ein schwerer Flugkörper sich über der Erde befindet, oder wie ich mich ausgedrückt habe, so lange er noch „Luftsäule“ unter sich hat,

so lange ist auch noch „mechanischer Effect" vorhanden, was Carl Milla „Spannung der Lage" nennt. Eine Befriedigung der Spannungskräfte tritt nur ein, wenn der Körper die Erde erreicht und also die Luftsäule gleich Null ist.

Den Ausgleich elektrischer Spannkraft nennt Mayer „elektrische Differenz" und chemische Kräfte sind nach ihm nur thätig, wo „chemische Differenz" vorhanden ist, was wir heute „potenzielle Energie" nennen. Von einer solchen Energie kann aber nur die Rede sein, wo ein chemischer Prozeß, Gährung, Bewegung vor sich geht. Wenn in einem Element die Metalle von der Säure zersetzt sind, ist keine „chemische Differenz" mehr vorhanden und infolgedessen hat die Batterie auch keine „elektrische Differenz" — die Kräfte haben sich ausgeglichen; — Bewegung, „actuelle" oder „kinetische Energie", „lebendige Kraft", „force vive" findet nicht mehr statt, und da im streng physikalischen Sinne „Energie" gleichbedeutend ist mit „Kraft", so ist nur da Kraftwirkung vorhanden, wo „Differenzen" vorhanden sind. Andererseits ist auf alle Fälle „Differenz" vorhanden, wo Kraftwirkung da ist.

Was hier von der „räumlichen", „chemischen", „elektrischen" Differenz gilt, das gilt auch von der von mir behaupteten „elastischen" Differenz der Lage jener Materien-Bestandtheile des Flugmaterials zu einander. Bei der „elastischen" Spannung wird das nachbarliche Verhältniß der kleinsten Bestandtheile der Materie im Flugmaterial gestört und in eine andere Lage zu einander gebracht, es wird eine „Differenz" geschaffen; in der Differenz liegt eine nach Ausgleich strebende Kraft; diese Energie hält so lange an, als die Differenz vorhanden ist, diese Differenz ist aber im Vogelflügel vorhanden, so lange die „räumliche Differenz", also Luftsäule vorhanden ist, mithin muß auch naturnothwendig horizontale Schwebeenergie vorhanden sein, so lange „Spannungs-Differenz", so lange Luftsäule vorhanden ist.

In Summa, erhalten wir durch Hülfskraft vertikale Luftsäule, so erhalten wir damit zugleich horizontale Energie, Arbeit, Bewegung, lebendige Kraft, Schwebeflug, und wir

brauchen zur horizontalen Fortbewegung nicht nothwendig besondere Maschinen.

Das, was ich hier von der selbstthätigen, mechanisch wirkenden Spannkraft in horizontaler Richtung sage, ist ja freilich neu und für einige flugtechnische Gelehrte befremdlich, aber etwas, den Naturgesetzen und dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft Widersprechendes behaupte ich damit wohl nicht. Denn ob die Ursache einer Kraft in einer chemischen, elektrischen, räumlichen oder elastischen Differenz beruht, das bleibt sich doch im Grunde gleich. Ja wir können aber thatsächlich bei der Horizontal-Spannung von einer „räumlichen Differenz" sprechen, wie bei der Fallkraft. Der Körper, der sich in räumlicher Differenz mit der Erdoberfläche befindet, flieht senkrecht der Erde zu um diese Differenz auszugleichen. Der feste Punkt, nach dem diese Fliehkraft strebt, ist die Erde. Auch in der Horizontal-Spannung der Flugorgane wirkt eine „räumliche Differenz", aber eben in „horizontaler" Richtung und den festen Punkt bildet die am meisten nach vorn gespannte Flügelspitze, weil die schrägen Lufttheile unter der Flügelspitze gewissermaßen ein Sperrfederlager bilden, die den gespannten Federn ein horizontales Zurückschnellen verwehren. Es bilden daher diese Luftkegel unter der Flügelspitze den Endpunkt der Fliehkraft. Dieser Endpunkt verändert aber fortwährend seinen Standpunkt, indem er vorwärts eilt, und zwar in dem Maße als die Fliehkraft nacheilt, sodaß der Endpunkt von dem nacheilenden Flugkörper nie erreicht wird, und eine Befriedigung, ein Ausgleich der elastischen Spannkraft, eine Vernichtung der horizontalen „räumlichen" Differenz in freier Luft nie stattfindet, also stets ihre Energie vorhanden ist. Ob nun diese Energie uns ihre Kraft leiht in Gas-, Dampf-, elektrischer, flüssiger oder fester Material-Spannung, das bleibt sich doch im Grunde gleich, wichtig bleibt für uns nur, daß die Spannkraft in diesem Material das größeste und für uns Menschen wichtigste, mechanische Problem zu lösen berufen sein soll, denn alle bis heute bekannten Spannkräfte und künstlich hervorgerufenen „Differenzen" waren bisher nicht

im Stande, das seit dem grauesten Alterthum verfolgte Flugproblem zu lösen und diese werden bei Lösung dieses ersehntesten aller Probleme nur Kräfte zweiten Ranges, Hülfskräfte, abgeben, nimmer aber die erste Stelle einnehmen, weil sich eine für mechanische Zwecke passendere Flugkraft-Wirkung nicht denken läßt als die elastische Differenzkraft festen Materials. Denn diese Energie wird am einfachsten und bequemsten erzeugt und unterhalten.

Robert Mayer sagt in seiner Wärmemechanik:

„Kräfte sind Ursachen; mithin findet auf dieselben volle Anwendung der Grundsatz: causa aequat effectum.

Nie kann ein Theil oder ein Glied (in der Kette) zu Null werden. Diese erste Eigenschaft aller Ursachen nennen wir ihre Unzerstörlichkeit.

Die Fähigkeit, verschiedene Formen annehmen zu können, ist die zweite wesentliche Eigenschaft aller Ursachen.

Beide Eigenschaften zusammengefaßt sagen wir:

Ursachen sind (quantitativ) unzerstörlich und (qualitativ) wandelbare Objecte.

Kräfte sind unzerstörliche, wandelbare, imponderable Objecte.

Eine Ursache, welche die Hebung einer Last bewirkt, ist eine Kraft, ihre Wirkung, die gehobene Last, ist also ebenfalls eine Kraft; allgemeiner ausgedrückt heißt dies: räumliche Differenz ponderabler Objecte ist eine Kraft; da diese Kraft den Fall der Körper bewirkt, so nennen wir sie Fallkraft. Fallkraft und Bewegung sind Kräfte, die sich verhalten, wie Ursache und Wirkung, Kräfte, die in einander übergehen, zwei verschiedene Erscheinungsformen eines und desselben Objectes.“

Ebenso sagt Theodor Groß in seinem „Beweis des Princips von der Erhaltung der Energie“:

„Die Ursache ist der Wirkung äquivalent, oder gleich: causa aequat effectum.

Oder, wie wir auch sagen können, die Ursache verwandelt sich in die Wirkung.“

Das soeben von Mayer und Groß Gesagte auf das von

mir vertretene „mechanische Princip“ des Fluges angewandt heißt:

Das Gewicht des gehobenen Flugkörpers ist die Ursache einer Fallkraft. Nach dem Eintritt des freien Falles des Vogelkörpers breitet der Vogel die Schwingen aus und seine Flugflächen gerathen in eine elastische Spannkraft, welche äquivalent der Ursache der spannenden Kräfte sein muß. Die Ursache ist der quantitativ unzerstörliche Flugkörper und die Wirkung davon ist das imponderable Object der Spannkraft. Schwerkraft und Spannkraft sind äquivalent. Betrachten wir die Spannkraft dieser Flugfläche weiter als Ursache, so ist ihre Wirkung eine doppelte. Einmal hebt sie das Fallgesetz, dem der schwere Körper folgen müßte, annähernd auf, und zweitens bewegt sie den getragenen Körper in horizontaler Richtung weiter. Beide Bewegungen, vertikale und horizontale Bewegung, repräsentiren die Aequivalenz der Spannkraft. Zerlegen wir die Spannkraft der Flügel endlich in vertikale und horizontale Spannkräfte, so ist die, die Ortsbewegung vermittelnde Spannkraft genau so groß, als der Luftdruck, der sich der Spannkraft in horizontaler Richtung entgegenstellt und der beseitigt, d. h. bewältigt wird, — auch hier trifft der Grundsatz: causa aequat effectum voll zu, denn ist die Schwerkraft stark, dann ist auch die Spannung stark und die Bewegung, also Arbeit, groß.

Die Spannkraft ist nur eine umgewandelte Ursache, die Ursache (der gehobene Vogelkörper) besitzt aber Ponderabilität und Impenetrabilität, ist daher Materie und ihre Schwere unzerstörlich, mithin muß auch ihre Wirkung unzerstörlich sein, und das „mechanische Princip des Fluges“ ist dadurch bewiesen. Nach Mayer ist Wirkung gleich der Ursache, und Ursache hat gleichwerthigen Effekt; es ist sonach die Wirkung der Horizontal-Spannkraft nicht ohne Effekt und dieser volle Effekt ist nicht zerstörbar; mithin hat die Horizontal-Spannkraft im schwebenden Vogelflügel das „mechanische Princip des Fluges“ zur Folge, und ich kann nicht begreifen, wie dieser Satz bestritten werden kann, wie es thatsächlich von Leuten geschehen

ist, die das Wort „Wissenschaft“ immer als zweites Wort im Munde führen, und jahrzehnte Fachleute sind.

Als ich einem meiner Protektoren mittheilte, meine kleine Entdeckung des „mechanischen Princips des Fluges“ sei bei einer Prüfung durchgefallen indem der Prüfende die Sache für werthlos erklärt hätte, antwortete er mir lächelnd: „Ja! werthlos ist etwas bei der Sache, aber nicht das Geprüfte, sondern der Prüfer, dieser könnte ruhig sein Amt als Richter in solchen Fragen niederlegen, denn sein Urtheil verurtheilt ihn.“ —

Dagegen beschämt die Gedankenschärfe auf dem Gebiete der Flugmechanik manchen wichtig thuenden Fachmann, welche der Oberstabsarzt Dr. Neumann bei der Lektüre der Tagespresse über meine Entdeckung in einer Polemik in der „Deutschen Warte“ an den Tag gelegt hat. Zu meiner Freude sah ich, daß er sich immer klarer über die Sache wurde, und heute stimmt er bereits so weit mit mir überein, daß er bei Erklärung derselben unabhängig von mir dieselben Bilder gebraucht. So sagt er, daß das Sinken eines schwebenden Vogels in mechanischer Beziehung einer Turbine gliche, denn hierbei bewege sich die Wassersäule gegen die schrägen Flächen, und beim Sinken des Vogels bewegen sich die schrägen Flächen gegen die Luftsäule; dasselbe Bild, das ich einem Zweifler vorhielt. —

Ferner schreibt Herr Dr. Neumann an mich:

„Die Schwere ist aber, auch abgesehen von der Wirkung auf die Federspannung, außerdem bestrebt, ihre vertikale Wirkung auf den Vogelkörper, die sie bei dem Widerstand der Flügel nicht zur Geltung bringen kann, nach der Richtung des geringsten Widerstandes überzuleiten, und so wird die Linie der Bewegung eine der Horizontalen sich nähernde, sanft geneigte. Sonach übt die Schwere eine doppelte Wirkung auf den Vogel aus.“

Dies ist sehr treffend und logisch ausgedrückt, denn in senkrechter Richtung hemmt die volle Flügelfläche den Fall, nach rückwärts versperren die vertikal hochgespannten hinteren

Federflächen den Weg, mithin ist der geringste Widerstand vorn; und nach dort muß der Vogel dann seine Bewegung antreten; er mag wollen oder nicht, diese Bewegung geht „mechanisch“ vor sich. Die bei dem geringen Sinken des Vogels verdrängte Luft fluthet nach hinten ab und deren Reaktionskraft schiebt den Vogel nach vorn.

Für Diejenigen aber, welche der Meinung sind, zum Schweben sei überhaupt keine Kraft nöthig und man könne schon schwebend segeln, wenn man die Schwere unter ein Flugdach hänge, führe ich folgenden Satz R. Mayers an:

„Es ist klar, daß die Fallbewegung keine Ausnahme des axiomatischen Satzes der Proportionalität von Bewegung und Kraftaufwand begründet.

Null ist der Kraftaufwand blos dann, wenn ein Gewicht nur drückt und nicht zugleich sich senkt. Eine constante Kraft, eine solche, welche Wirkung äußert, ohne abzunehmen, giebt es für den Physiker nicht.“

Aus diesem Grunde ist auch die reine Schwerkraft, selbst durch günstigsten Umsatz in Spannkraft des Flugmaterials, nicht im Stande, sich horizontal fortzubewegen, sondern wird stets unter der horizontalen Linie bleiben, trotzdem eine horizontale Lage vorherrscht. Wenn dagegen so viel Hülfskraft thätig ist, die Differenz zwischen der geneigten Flugbahn und der Horizontalen auszugleichen, dann nimmt die constante Kraft der Schwere eben nicht ab, denn es ist dann stets dieselbe Fallmöglichkeit vorhanden.

Weil aber bei einem an der Erde ruhenden Vogel, die Schwerkraft gleich Null ist, er nicht mehr fallen kann, er keine Luftsäule mehr unter sich hat, daher kann er auch nicht auffliegen, denn ihm fehlt die Hauptsache des Fluges — die Schwerkraft.

Der lebende Vogel ist aber, wie ich auch anderweit hervorhob, doch im Stande, ohne Flügelschlag nicht nur völlig horizontal zu schweben, sondern sogar sich über die horizontale Bahn zu erheben, weil die geringe, kaum wahrnehmbare Steuerkraft eben schon eine Hülfskraft ist, welche der schon

thätigen Schwebe-Spannkraft zu Hülfe kommt. Zur Hebung des Vogels aus einer wenig geneigten, in eine wenig ansteigende Bahn gehört hier keineswegs eine Kraft, welche der Schwere des Vogels proportional ist, wir haben uns den mit geringem Sinken schwebenden Vogel vorzustellen, als ob seine Schwere beinahe im Gleichgewicht mit der Luft wäre. Denken wir uns eine Balkenwaage mit zwei gleichen Gewichten in jeder Schale, dann liegen beide Schalen in einer Horizontalen; lege ich nun den hundertsten Theil eines Gewichts in eine der Schalen hinein, so wird das ganze Gewicht der anderen Schale durch diese Kleinigkeit etwas gehoben; genau so ergeht es dem annähernd im Gleichgewicht mit seiner Umgebung befindlichen Vogel. Dies ist aber auch zugleich der Beweis, wie Groß wohl hervorhebt, daß ein Perpetuum mobile durch ponderable Ursachen nicht möglich ist, denn ein Gewicht kann ein gleiches Gewicht nie höher heben als es selbst gehoben ist. Dagegen meint Groß, daß imponderable Kräfte jedenfalls im Stande seien, ein Perpetuum mobile zu treiben, und ich halte den Erdmagnetismus für fähig, uns solch eine mechanische Unruhe zu bewegen.

11. Der Wind in seinem Verhältniß zum Vogelflug.

Die Mutter Natur hat ihre Fluggeschöpfe so geschaffen, daß sie mit ihren eigenen Kräften ihren Flug bewirken können, der Vogel wäre ein bemitleidenswerthes Geschöpf, wenn er auf eine zufällige Flughilfe von außen angewiesen wäre, und erst auf die Bedingungen zu seinem Fluge zu warten hätte. Jedes Geschöpf ist von der Vorsehung so gestellt, daß es mit eigenen Kräften fortkommt, warum sollte denn da der Vogel, wie so Viele meinen, auf den Wind zu warten haben wenn er fliegen will? —

Diese irrige Ansicht spricht sogar Brehm aus, er sagt:

„Der Vogel bedarf zum ungehinderten Fluge gerade den entgegengesetzten Wind, welchen das Schiff nöthig hat. Er fliegt immer am liebsten gegen den Wind und ermattet, wenn er längere Zeit mit dem Winde ziehen muß. Der Grund ist darin zu suchen, daß der von vorn kommende Luftzug die muldenförmigen Flügel füllt und den Vogel dadurch hebt, während der, dem Schiffe günstige Wind die Flügel niederdrückt. Hierdurch erklärt sich auch, wie der Vogel ohne Flügelschläge in gleicher Höhe kreisen oder sich sogar noch mehr erheben kann. Selbst das Auffliegen, welches meist durch ein paar Sprünge eingeleitet wird, wird vielen nur bei einer Richtung gegen den Wind möglich."

In dieser Ansicht des tüchtigen Gelehrten in seiner Art, befinden sich viele Irrthümer, was wohl zu entschuldigen ist, da das Studium des Fluges der Thiere wohl mehr Nebensache bei Brehm gewesen ist.

Daß der Vogel zum ungehinderten Fluge nicht gerade entgegengesetzten Wind braucht, zeigen die großen Reisen der Brieftauben, welche zu jeder Zeit und nach jeder Windrose ihre Reisen antreten, und Albatrosse, wie Fregattvögel verfolgen tagelang Segelschiffe, ziehen also mit dem Winde, indem sie das Schiff noch umkreisen.

Zweitens, der Vogel fliegt auch mit dem Winde so schnell, daß er Gegenwind hat. Würde er so langsam fliegen, daß, wie Brehm meint, die Flügel hinten niedergedrückt würden, dann hörte der Flug überhaupt auf, und ein rapides Fallen begänne, weil eben kein Wechsel der Luftsäulen stattfände.

Drittens nimmt Brehm ohne Weiteres an, die Flügel behielten ihre Form wie auf der Erde bei, sobald der Vogel schwebe; es ist wohl klar, daß dies irrig ist, muldenförmig ist im Fluge kein Flügel, also kann sich auch darin kein Wind fangen; die hohle Fläche gleicht der Luftdruck aus. Wo aber Windkraft abgefangen und dienstbar gemacht werden soll, muß auch genügende Gegenkraft sein, im bloßen Hohlsein liegt aber keine Kraft.

Daß in jüngster Zeit gerade mehrere Stimmen in Fachkreisen laut wurden, welche behaupteten, daß die große Flugkraft der Vögel vom Winde herrühre, ist ein Zeichen dafür, daß eben noch eine Kraft zur Erklärung des Vogelflugs fehlt.

Der Vogel in freier Luft merkt vom Winde nicht viel, — er hat seine stete eigene Bewegung in der Luft, und mag er diese gegen oder in die Windrichtung lenken, das ist für den Flug gleichgültig, — der Wind setzt den fliegenden Vogel nur in ein anderes Geschwindigkeits-Verhältniß zur Erde. Mit dem Winde sehen wir ihn schneller als gegen den Wind fliegen.

Nehmen wir z. B. an, ein Floß von der Länge von Magdeburg bis Hamburg schwämme auf der Elbe mit dem Strome nach Hamburg; ein Fußgänger steigt in Magdeburg auf dieses Floß und geht mit derselben Geschwindigkeit wie die Strömung hat auf dem Floße nach Hamburg zu. Nun bringt die Strömung einen Kahn in 3 Tagen von Magdeburg nach Hamburg, und da der Fußgänger auf dem Floße diese Geschwindigkeit bereits mit übernimmt und durch seine eigenen Beine noch eine ebensolche Schnelligkeit hinzuthut, so hat der Mann dem Ufer gegenüber eine doppelte Geschwindigkeit und er wird schon in 1½ Tag in Hamburg ankommen.

Würde dagegen der Mann in Hamburg auf das von Magdeburg anschwimmende Floß steigen und wollte mit derselben Geschwindigkeit nach Magdeburg gehen, so würde er nach einem dreitägigen Marsche wohl das Ende des Floßes erreicht haben, aber er würde immer noch in Hamburg sein, denn dem Ufer gegenüber hatte er gar keine Geschwindigkeit, 3 Schritte her und 3 Schritte hin, hebt sich!

So steht auch mancher Raubvogel im Winde still und legt doch in der Luft viel Raum zurück.

Von reiner Windhülfe kann beim Vogelfluge gar keine Rede sein, denn Wind leistet nur da Arbeit, wo ihm Gegenkraft geleistet wird, diese kann ja nun allerdings der Vogel leisten, mit dieser Gegenkraft leistet er aber eben auch ohne Wind das, was er leisten will. Jeder Gegenwind, ob natür-

licher oder selbsterzeugter durch Eigenbewegung des Vogels, hat nur den Zweck, die Luftsäulen unter den Flügeln des Vogels zu wechseln; schnell gewechselte Luftsäulen sind tragfähig und heben leicht, daher fliegen die Vögel gern gegen den Wind auf und biegen dann, falls sie mit dem Winde fliegen wollen, in großem Bogen allmälig in die Windrichtung ein. Vögel, die mit der Windrichtung aufsteigen müssen, können nur unter heftigster Anstrengung sich vor dem Niedersinken bewahren, der Wind scheint sie nieder zu drücken.

Auf einem breiten Strome trieben mehrere Fahrzeuge stromab, es war jedoch so nebelig, daß man kein Ufer sehen konnte. Trotzddm die Fahrzeuge mit voller Strömung fuhren, rief ein ungeduldiger Insasse wiederholt: „Mein Gott! wir stehen ja völlig still, wir sind gewiß schon im Hafen, wo gar keine Strömung ist!" dann wieder: „Bitte, treiben Sie uns doch! wir stehen ja absolut still!" —

Ebenso weiß der Vogel über den Wolken, wo er von der Erde nichts sieht, und die Wolken dieselbe Geschwindigkeit haben als der Wind, vom Winde auch absolut nichts, er schwebt gegen und mit dem Winde ohne weder das Eine noch das Andere zu wissen; der Vogel fühlt stets den Luftzug von vorn, den seine Eigenbewegung erzeugt.

Das Auffliegen der Vögel gegen den Wind geschieht denn auch stets zu Gunsten schneller Hebung, nicht zu der der Fortbewegung — von der Erde aus gesehen. — Der Luftdruck gegen die untere Flügelfläche ist beim Auffliegen schwerer Vögel sehr nothwendig, eine Gans kommt nie anders hoch, als durch kräftiges Laufen gegen den Wind, wobei sie erst wechselbeinig auftreten, und dann allmälig erst ein Bein nach dem andern einziehen muß. Das Einziehen beider Beine kann aber erst dann geschehen, wenn die Flügel die Spannung erlangt haben, den Körper zu tragen, also annähernd horizontal liegen.

Wenn kein genügender Wind weht zum Aufsluge, so muß der Vogel durch schnelleren Anlauf selbst den nöthigen Wind erzeugen. Wenn dagegen ein Sturmwind wehen würde, der

z. B. 20 Meter in der Secunde zurücklegte, zum Schweben eines Vogels aber nur 10 Meter erforderlich wären, so könnte man die interessante Thatsache beobachten, daß der Vogel ohne Anlauf, den Kopf gegen den Wind gerichtet von diesem hochgehoben und mit 10 Meter Geschwindigkeit rückwärts getragen würde, ohne daß der Vogel sinkt. In diesem Falle wechselte der Vogel seine Luftsäulen noch mit einer Geschwindigkeit von 10 Meter in der Sekunde; er muß dabei aber stets den Kopf gegen die Windrichtung kehren.

Unsere Hausgans würde mit dem Winde laufend wohl nie auffliegen können, weil ein Wechsel ihrer Flügelluftsäulen nicht stattfindet in dem Maße, daß Tragfähigkeit erzeugt würde. Wenn eine Gans im Laufe 8 Meter in der Sekunde zurücklegte und lief mit einem Wind, der auch 8 Meter Geschwindigkeit hat, dann findet ein Wechsel der Luftsäulen unter ihren ausgebreiteten Flügeln nicht statt und unter ihren Flügelflächen wäre völlige Windstille. Liefe die Gans mit derselben Geschwindigkeit aber gegen denselben Wind, dann wechseln die Luftsäulen unter den Flügeln mit einer Schnelle von 16 Metern in der Sekunde, und solch ein Luftdruck ist tragfähig.

Kommen daher Zugvögel, die mit einer Geschwindigkeit von 10 Meter in der Sekunde gegen einen Wind von derselben Stärke flogen, also 20 Meter Flugschnelle im Medium hatten, plötzlich in einen von rückwärts wehenden Wind von 20 Meter pro Sekunde, so entsteht Windstille unter den Flügeln und der Vogel sinkt rapid. Um sich eine eigene Geschwindigkeit ohne großen Höhenverlust zu schaffen, müssen die Thiere lebhaft mit den Flügeln schlagen, eine Kraftanstrengung, die nach langen Zügen verschlagenen Vögeln so schwer fällt, daß sie häufig auf Schiffe sich niederlassen müssen, um Kraft zu sammeln.

In diesem Winde von 20 Meter in der Sekunde kann sich der Vogel nur dann in der Höhe erhalten, wenn er sich seine Eigengeschwindigkeit von 20 Meter im Medium wieder verschafft. Das Thier legt dann von der Erde aus 40 Meter in der Sekunde, mit dem Winde ziehend, zurück, wechselt seine

Flügelluftsäulen im Medium aber nur mit einer Geschwindigkeit von 20 Meter in der Sekunde, seine Erdluftsäulen aber mit 40 Meter Schnelle.

Der Vogel fühlt sonach, mit jenem Winde fliegend, immer noch einen Gegenwind von 20 Meter pro Sekunde. Es darf durchaus nicht mißverstanden werden, wenn es heißt, zum Fluge sei schnelle Bewegung nöthig, daß damit gemeint sein könne, diese Geschwindigkeit bezöge sich auf das Verhältniß zur Erdoberfläche, nein! es kommt auf den Wechsel der Luftsäulen im Medium an, nur darin liegt die vornehmste Bedingung des Fluges. Dieser Wechsel der Luftsäulen findet nun selbstthätig statt, und mit Hülfe dieser mechanischen Schwebebewegung bekämpft der Vogel den Wind und nutzt dessen Kraft bequem aus, denn es bekämpft eine mechanische Kraft dann nur die andere, weil die mechanische Flugkraft gleichwerthig einer Windkraft von derselben Schnelle ist.

Ein fallender Körper empfängt nur vertikalen Luftdruck von zunehmender Stärke. Die Flügelfläche des Vogels macht einen gleichmäßig wirkenden Luftdruck daraus. Die schräge Flügelspitze ruft einen diagonalen Luftdruck, also Wind, hervor, und die Elasticität macht die lebendige Kraft des Schwebens noch horizontaler, so daß der Luftdruck gegen den Querschnitt des Vogels wirkt. Bewegung im Medium ist Windkraft!

Die Träger der Luftschiffahrt der Zukunft werden meist die Naturkräfte, Luftdruck, Schwerkraft und elastische Energie sein. Der Vertikal-Luftdruck spielt durch den Druck auf die große Vertikal-Flugfläche seine Kraft gegen den Horizontal-Luftdruck wider den geringen Querschnitt des Vogels aus, es bekämpft eine Naturkraft die andere; oder mit anderen Worten, die irdische Materie der Schwere transportirt sich größtentheils selbst fort, indem eine künstliche, transportirende Windkraft erzeugt wird, mit deren Hülfe natürliche Winde bekämpft und ausgenutzt werden.

Auch faßt der Freiherr von Schweiger-Lerchenfeld den Flug richtiger auf als die meisten Autoren. Er sagt in seinem Werke „Das neue Buch der Natur" Seite 478: „daß es

hauptsächlich auf die relative Geschwindigkeit zwischen Vogel und umgebender Luft ankommt. Diese relativ gegen den Vogel in Bewegung befindliche Luft trifft den Vogel stets von vorn; der Vogel spürt dies als einen immer nur auf ihn zuströmenden **Wind.**"

So ist es genau zutreffend! Mit dieser von Schweiger'schen Forschung wird meine Behauptung erhärtet, daß dieser Wind — der selbsterzeugte — dieselbe Wirkung auf die Flugflächen ausübt, als ein natürlicher Wind derselben Schnelligkeit; und darin liegt nicht die geringste Klärung der Flugmechanik, denn Wind ist für den Vogel eben stets Windkraft.

Einen Unterschied in der Kraftwirkung auf den Flug zwischen der von mir gefundenen „mechanischen" Schwebebewegung und einem Winde von derselben Schnelligkeit giebt es eben nicht. Meine mechanische Schwebebewegung ist nach v. Schweiger-Lerchenfeld Windkraft, wie ich dies selbst behauptet habe. Der Vogel kommt mit diesem eigenen Winde aus, den er durch Flügelschläge noch verstärken kann wie es ihm beliebt und wendet er viel Eigenkraft an, dann erzeugt er einen künstlichen Sturm in seinen Flügeln. In dieser von Schweiger'schen Auffassung liegt eine erfreuliche Klärung und Zustimmung meiner Behauptungen, während sich zur Zeit noch Mathematiker abmühen zu beweisen, Wind sei etwas anderes, als Eigenbewegung für eine Segelfläche. Man sieht, wie schwer es den theoretisch speculirenden Mathematikern wird, zurecht zu kommen, wenn sie nicht auch praktische Naturwissenschaft exerciren.

Nichts hat mehr die Flugtheorie irre geführt, als der Flügelschlag und der Wind.

Treffendere Worte über den Wust der angeschwemmten Flugtheorie, wie die von Eugen Kreiß im Heft 6, 1892 der Zeitschrift für Luftschiffahrt 2c. habe ich nach Wilh. Bosse's Aussprüche nicht gelesen, er sagt:

„Wir haben in der flugtechnischen Wissenschaft bereits ein herrliches theoretisches Gebäude, **aber leider ohne**

sicheres Fundament, sodaß zu befürchten steht, daß mit der **praktischen Lösung** des Flugproblems der ganze stolze theoretische Bau in seinem Werthe **zusammenstürzen** wird.

Nachgerade dürfte es aber an der Zeit sein, die mathematischen Theorien in der Flugtechnik dahin zu verweisen, wohin sie vorläufig gehören, nämlich in eine abwartende Haltung, bis ein allgemein anerkanntes Einmaleins der Flugtechnik geschaffen und das Flugproblem auf ächt erfinderische Weise gelöst ist. Alsdann mag die mathematische Behandlung der Aufgabe hervortreten, auf sicherer, gesunder Basis, zum Ausbau, zur Verbesserung des Erfundenen, falls es ihrer dann noch bedarf; denn um nur Eins zu nennen, das Zweirad, dieses staunenswerthe Vehikel, ward ja doch auch ohne alle Mathematik, ohne Theorie erfunden.

Es giebt eben rein praktische, einfache Aufgaben, erfahrungsmäßig gerade die größten, die über alle weitschweifige Theorie erhaben sind! Eine solche ganz elementare Aufgabe ist das Problem des Fliegens, das sich als einer der einfachsten mechanischen, physikalischen Vorgänge bei den fliegenden Geschöpfen dem betrachtenden Auge darstellt.

Und welch' ein complicirtes, unklares Zerrbild hat die Theorie aus dieser einfachen Erscheinung gemacht, aus krankhafter Sucht nach höheren Erkenntnißmitteln!" —

Ein trefflicherer Ausspruch und eine vernichtendere Kritik über unsere riesige Fachliteratur ist mir noch nicht zu Gesicht gekommen, nur die Aussprüche Wilhelm Bosse's könnte ich vorstehendem Urtheil von Kreiß an die Seite stellen.

Auch Bosse richtet an die Gegner in der Zeitschrift für Luftschiffahrt dieselben Kreiß'schen Worte, nachdem er die von mir vertretene Flugtheorie als die richtige anerkannt hatte, indem er sagt:

„Wie die Dinge heute stehen, wäre es wohl nur bedauerlich, wenn jene bedeutungsvolle Klarheit über ein die allgemeinsamen Interessen so mächtig berührendes Problem nach wie vor nur einer Theilnahmslosigkeit begegnen sollte, deren

lähmende Macht einzig und allein in dem zähen Festhalten an einigen altersschwachen Vorurtheilen besteht, Vorurtheilen, die sich förmlich darin zu gefallen scheinen, immer von neuem Verwickelungen dieser aus den bestehenden Thatsachen so **einfach** und **natürlich** erklärten Frage hervorzurufen."

Wer nun mit objectivem Auge besonders die neuere Fachliteratur verfolgt hat, wird herausgefühlt haben, daß gerade in dieser Literatur dieselben Irrthümer von einem auf den anderen Autor übertragen, daß selbstständige Gedanken nur dünn gesät sind und daß Differenz-Anschauungen nur in unwesentlichen Nebendingen aufgetreten und zu Cardinalfragen erhoben sind.

Am richtigen Faden zur Lösung tasteten Dr. Müllenhoff mit dem Nachweis (durch den Querschnitt der Flugmuskulatur), daß kein Vogel mehr Muskelkraft besitzt als andere Geschöpfe, Rath Schlotter mit dem mechanischen Princip des Fluges und Ornitholog Gätke mit der Vogelwarte Helgoland, ferner Bosse, Pattoison, Platte, v. Miller-Hauenfels, Milla und zum Theil Freiherr v Wechmar, während ich die verdienstlichen Autoren, die hier nicht genannt sind, schon im Texte erwähnt habe.

Die Vermuthung jedoch, daß der Schwebeflug „mechanisch" vor sich gehen müsse, haben nur Schlotter und Gätke klar ausgesprochen. Wenn auch mit dieser ausgesprochenen Vermuthung noch nichts gewonnen war und keiner von beiden den richtigen Grund dieser räthselhaften „mechanischen" Flugbewegung hat finden können, so haben beide doch den Faden genannt, an welchem weiter getastet werden muß, um zum Ziele zu gelangen. — Da ich aber unabhängig von Schlotter und Gätke denselben Faden fand und mich daran weiter tastete bis zu der hier niedergelegten Erklärung der Ursache des mechanischen Flugprincips und da endlich Schlotter wie Gätke wohl schon vor mir ihre Entdeckungs-Vermuthungen deponirt haben, so ist innerhalb der Flug-Literatur gewissermaßen schon eine besondere Abtheilung und Geschichte des „mechanischen Princips des Fluges" als bestehend zu verzeichnen, und auf

die Fortspinnung dieses Fadens wird wohl die Zukunft unserer Aufgabe liegen. Dieses von mir vertretene Flugprincip emancipirt sich aber vom Flügelschlag und Wind, und ich will dieses Kapitel über den Wind nicht schließen, ohne noch in kurzen Worten auf die neueste Windtheorie, die des Ingenieurs O. Lilienthal, die sofort verschiedene Nacheiferer gefunden hat, einzugehen.

Lilienthal hat die Poncelet'sche Entdeckung, daß hohle Flächen bei schräger Wirkung von Flüssigkeiten auf dieselben besser wirken als ebene Flächen, noch einmal gemacht. Um eine segelnde Bewegung seiner hohlen Schwebeflügel gegen den Wind heraus zu bekommen, läßt er den Wind schwach ansteigen, damit dieser schräg in die Höhlung weht und durch sein Rückwärtsabfluthen den Vogel segelähnlich gegen den Wind schiebt. Gut, das will ich mir noch gefallen lassen! aber nach dieser Theorie müßte nun der hohle Flügel, der mit dem Winde, wie so oft beobachtet wird, segelt, also thatsächlich viel schneller zieht als der Wind, einen Rücktrieb erhalten, denn der schwach ansteigende Wind, der den Hohlraum der Flügel trifft, fluthet nunmehr nach dem Kopfe des Vogels zu ab.

Ferner aber noch, diese Lilienthal'sche Windtheorie auf das horizontale und sogar aufwärts gerichtete, kreisende Segeln angewandt, entsteht die Frage, in welcher mechanisch erklärbaren Weise soll denn der Lilienthal'sche Wind auf die Fortbewegung der hohlen Flügel wirken, wenn er während des Kreisens bald rechts, bald links, bald von hinten, bald von vorn, von halbrechts und halblinks 2c. auf die Flügel wirkt? —

Nun wissen wir ferner, daß der Wind mit einer sekundlichen Geschwindigkeit von einem Meter gegen eine Fläche von 1 qm. nur mit einem Drucke von 0,13 kg. wirkt, also eine Kraft, auf die wohl kein Segel rechnet. Wenn nun schwach ansteigender Wind mehrere Sekunden gebraucht, um einen vertikalen Raum von 1 Meter zurückzulegen, so kann man daran ermessen, was solch ein Wind für Trag- und Triebkraft

haben kann; **steigt** nun der kreisende Vogel gar noch, so ist es wohl denkbar, daß er von dem schwach ansteigenden Winde gar keinen aufstrebenden Druck empfängt. Wo hat aber dann der Vogel den Flugimpuls her?

Endlich aber hat Lilienthal gefunden, daß der Wind in Wellenform, also auf- und abstreicht; es darf mit Rücksicht hierauf wohl die Frage aufgeworfen werden, woher nimmt der segelnde Vogel den Flugimpuls, wenn die **ab**steigende Kurve der Windwelle anrückt? da doch dann der Wind von oben auf die Flügel trifft, die doch die Gunst der Höhlung **unten** haben!

Und da man, zum Schluß, Vögel oft meilenweit segeln sieht, Krähen sollen auf ihren Zügen Deutschland meist segelnd und lavirend durchqueren, so ist wohl die Frage erlaubt, wie lang sind denn eigentlich die schwach **an**steigenden Kurven der Lilienthal'schen Segel-Impulse? und zweitens, wie lang sind dann die **ab**steigenden Aeste der Windkurven?

All diese Fragen würden in der Windtheorie als offene zu bezeichnen sein.

12. Schlußergebniß und kurze Wiederholung.

Infolge meiner Beobachtungen, kleinen Nachforschungen und Versuche spreche ich folgende Behauptungen aus:

1. Die bisher unangefochtene Hypothese, daß die Flügelschläge (als der Keil Borelli's, die Flügelschläge Durckheim's, Marey's in senkrechter, oder Pettigrew's in schräger Richtung) die Hauptimpulse des Vogelfluges seien, ist hinfällig, sondern die eigentliche Flugkraft ist bereits ohne Flügelschlag vorhanden, und Flügelschläge erhöhen nur die schon vorhandene Flugkraft.
2. Die Hypothese, daß zur Erhaltung des Fluges nothwendig sei, durch **Flügelschläge** Luft **von oben nach**

u n t e n zu treiben, ist hinfällig, denn Flügelschläge wirken nur auf die Fortbewegung, nicht auf den Hub der Längsachse des Vogels. Wenn auch der Vogelleib durch den Flügelschlag thatsächlich vertikal, bei horizontaler Lage, gehoben wird, so sinkt er doch bei Ausholung zum zweiten Flügelschlage wieder um die Höhe des vorigen Schlag-Hubes.

3. Die Hypothese, daß die räthselhafte Flug- oder Schwebekraft der Vögel lediglich vom Winde herrühre, ist gänzlich verfehlt, da Vögel sowohl im Sturm wie auch bei Windstille große Reisen ausführen.
4. Es ist leichter, sich durch Fortbewegung auf regungslosem Flügel in der Höhe zu erhalten, als flügelschlagend ohne Fortbewegung; — der Wechsel der Luftsäule unter regungslosen Flugflächen ist ein größeres Fallhemmniß, als Flügelarbeit ohne den Wechsel der Luftsäule. —
5. Da der Ausdruck „elastische Energie" oder „Elasticität" zu irrthümlichen Auffassungen Veranlassung gegeben hat, so muß ich hier nochmals zu Bildern greifen, um das verwandschaftliche Verhältniß der beim Fluge wirkenden und in Beziehung stehenden Kräfte zu erklären.

Die Spannkraft der Flügel ist gleich der Schwerkraft des Vogels. Ein Theil dieser Spannkraft in der Flügelspitze hat eine horizontale Spannungs-Energie. Diese entsteht n u r durch die schräge Fläche jener Schwungfeder-F a h n e n.

Die Beziehung des V e r t i k a l - L u f t d r u c k s zur H o r i z o n t a l - S p a n n k r a f t geht nur über die Segelkraft der schrägen Fläche. Die Segelkraft der schrägen Fläche überträgt sich genau in Horizontal-Spannkraft und hat beim schwebenden Vogel den Größenwerth des horizontalen Luftdrucks gegen den Querschnitt des Vogelleibes, sodaß ein bewegliches Gleichgewicht, ein Kräfte-Ausgleich, zwischen dem horizontalen Druck der Spannkraft und dem durch die erzeugte Schwebebewegung hervorgerufenen Gegendruck der Luft hergestellt ist.

Nur die Reihenfolge der thätigen Kräfte, ich will sagen, die Genealogie derselben anzuführen, sei bemerkt:

Die Stammkraft all dieser Flugkräfte ist die Muskelkraft. Läßt sich der Vogel mit ausgebreiteten Flügeln in die Luft fallen, so entsteht durch passive Muskelkraft die auf den Flügeln ruhende Schwerkraft. Durch die fallende Schwere wird unter den Flugflächen der Vertikalluftdruck erzeugt. Dieser Luftdruck hat die elastische Spannkraft der Flugflächen zur Folge. Unter den Schwungfedern erzeugt dieser Luftdruck aber schräge, also Segelflächen (lavirende Segelflächen). Diese Segelfläche übt auf den Federschaft eine horizontale Druckkraft aus. Dieser Druck hat die horizontale Spannung des Federschaftes zur Folge, und diese Spannung zieht den Vogelleib horizontal an sich heran.

Wenn daher die Vertikal-Spannkraft das direkte Kind des Vertikal-Luftdrucks ist, so ist die Horizontal-Spannkraft erst das Kindeskind desselben; die Schöpferin Natur mußte zwischen Vertikal-Luftdruck und Horizontal-Spannkraft erst ein verbindendes Zwischenglied, die schräge Fläche, schaffen, — um die Beziehung der Horizontal-Spannkraft zur Vertikal-Druckkraft zu erzielen.

Man kann von dieser Zwillingskraft horizontaler Spannung auch wie von einer Ehe, einer ehelichen Verbindung, sprechen. Der Vertikal-Luftdruck verbunden mit der schrägen Segelfläche erzeugen das Kind der Horizontal-Spannkraft. Es ist die Horizontal-Spannung nur unter Verbindung der schrägen Segelfläche denkbar; die Natur mußte diese Verbindung, diese Kreuzung von Vertikal-Luftdruck und schräger Segelfläche vornehmen, um die geniale Zeugung der „mechanischen" Schwebe-Bewegung durch die Kraft ökonomischer Elasticität in horizontaler Richtung zu erzeugen! —

Wenn daher von der Wirkung der elastischen Horizontal-Spannkraft die Rede ist, so ist diese Kraft nur im Verein

mit der Kraft der schrägen Segelfläche zu denken, und ist es selbstverständlich, daß diese Kraft nur in einem Raume dienstbar und ergiebig thätig ist, der 3 Dimensionen hat.

Die elastische Horizontal-Spannkraft ist nur die flugwirksamste Uebertragung der Kraft schräger Segelflächen in horizontal-räumliche „elastische Differenz".

6. Jeder Vogel hat ohne Flügelbewegung von dem Augenblicke an eine Flugkraft, wo die Körperlast des Vogels die Flügelflächen in elastische Spannungen versetzt hat; diese Spannung sei „Schwerkraft-Spannung" genannt.
7. Die Schwerkraft-Spannung ist die Grund-Bedingung des Abflugs wie des Weiterflugs für jeden Vogel; in dieser Spannkraft ist bereits die Segelkraft der schrägen Fläche mit einbegriffen.
8. Ohne die Schwerkraft-Spannung der Flügelflächen kann sich die Mehrzahl der Vögel nicht vom Erdboden erheben.
9. Jede Flügelbewegung, welche den Luftdruck unter der Flugfläche verstärkt, erhöht die Schwerkraft-Spannung und fördert dadurch den Flug; daher verstärkt jeder Flügelschlag die schon in Wirksamkeit befindliche Flugkraft und ist es hierbei ganz gleichgültig, ob der Flügelschlag senkrecht zur horizontalen Längsachse oder schräg zu derselben geführt wird.
10. Die Schwerkraft-Spannung der Flugflächen verleiht durch ihre Entspannung horizontaler Zwangslage jedem Vogel eine Vorwärtsbewegung ohne Flügelschlag und ohne ein direktes Zuthun des Vogels; diese mechanische Flugbewegung pflegt man „Schweben" zu nennen. Schweben ist die in selbstthätige, ununterbrochene Flugbewegung übergehende Entspannung der elastischen Horizontal-Energie in den Flugflächen des Vogels, deren Spannkraft durch die beim Sinken in Wirksamkeit tretende Schwerkraft des Vogelgewichts erzeugt und unterhalten wird.
11. Die Schwerkraft wird durch passive (eigentlich nicht recht zum Bewußtsein gelangende) Muskelkraft verhindert, in vertikal beschleunigte Fall-Bewegung sich zu verwandeln,

sondern wird gezwungen, in schräg abwärts gerichtete Gleit-Bewegung sich umzusetzen. Daher ist die äquivalente Schwebe-Bewegung dieser constanten Kraft auch von so der Neigung der Flugbahn entsprechend langer Dauer. Die Schwerkraft benutzt die passive Muskelkraft des Vogel nur als das Mittel, ihre eigene Kraftgröße in zweckdienliche Spannkraft und Bewegung zu übertragen. Die Elasticität ist nur das Mittel, durch Muskelkraft die Schwerkraft in Spannkraft umzusetzen.

12. Die Schwerkraft-Spannung im Verein mit der Flugthätigkeit der Schwanzfläche sind beide allein schon im Stande, Vögel nicht nur in gleicher Höhe schwebend zu erhalten, sondern auch zu bedeutenden Höhen zu erheben.
13. Die ausgebreitete Schwanzfläche schwebender Vögel dient in erster Linie der Fortbewegung, in zweiter Linie der Steuerung des Vogels.
14. Alle Flügel- und Schwanzfedern schwebender Vögel, welche den Schaft mehr nach dem Kopfende des Vogels in ihren Fahnen zu sitzen haben, dienen der Fortbewegung des Vogels.
15. Die Fortbewegung des Vogels entspringt in den Flügelspitzen und überträgt sich durch die Flugflächen auf den Körper.
16. Flugapparate, bei denen die Flugbewegung von dem Schwerpunkte auf die Flugflächen übertragen werden soll, werden nicht erfolgreich sein. Ich halte das für das erste Gebot der Flugtechnik, daß jede Horizontal-Bewegung sowohl von Flugapparaten wie Ballonluftschiffen stets von den Trägern der Schwere auszugehen hat. Bei dynamischen Flugapparaten hat danach die Flugbewegung von der Flugfläche, beim Ballonschiffe vom Ballon auszugehen.
17. Flugflächen von gleichem Segelareal sind nicht immer von gleicher Segelwirkung, sondern die Segeltüchtigkeit nimmt mit der Ausdehnung in der Flugrichtung ab, daher in der entgegen-

gesetzten Richtung zu, weil in letzterem Falle mehr unbelastete Luft passirt wird. Je breiter die Flugbahn, die Flugschiene, je leichter das Schweben. Diesen ähnlichen Ausspruch hat Herr W. Bosse in Wien bereits gethan.

18. Für den menschlichen Flug ist ein anderer Motor als die Eigenkraft des Menschen nicht nöthig, sondern die Hauptflugkraft ist in der in elastische Flugflächenspannung übertragenen Schwerkraft des Menschen gefunden. Es ist für den Menschen nur die Frage zu beantworten, ob er sein Eigengewicht seitlich fortzuschieben im Stande ist, und in der Bejahung dieser Frage liegt die Lösung seines Fluges; denn es kommt beim Fluge nicht darauf an, ob der Mensch sein Gewicht heben, sondern darauf, ob er es treiben kann. Und daß der Mensch seine Körperlast sogar sehr schnell transportiren kann, sieht man an den Radfahrern.

19. Das Wesen des Vogelfluges wird kurz dadurch gekennzeichnet, daß es hier heißt: Hub durch Flug, daß Hub nur durch Fortbewegung (bei den größeren Vögeln) geschieht, denn alle Schwebevögel steigen nur durch diagonales Aufwärtsschieben ihrer Längsachse, nicht durch senkrechte Hebung senkrecht gerichteter Längsachse.

20. Senkrechte Hebungen größerer Vögel durch reine Flügelarbeit finden nicht statt, weil den Thieren dazu die Kraft und die Gunst der Flügelflächen-Spannung fehlt; von einer direkt vertikalen Hebung im mechanisch-mathematischen Sinne des Worts kann bei den Schwebevögeln durchaus keine Rede sein, mithin kann dies erst recht nicht vom Menschen verlangt werden.

21. Die vornehmste Bestrebung unserer Verkehrstechnik besteht in der bequemsten, billigsten und schnellsten Ueberwindung der Schwerkraft aller transportwürdigen irdischen Materie. Die Schwerkraft des Menschen ist der Hemmschuh seiner eigenen schnellen Bewegung. Um diese Schwerkraft leichter zu überwinden als es der Mensch mit eigenen Kräften

thun kann, benutzt er starke, schnelle Thiere, glatte Wege, Wasserstraßen, Schienen, Maschinen, Windkräfte. All unsere modernen Rüstzeuge des Verkehrs sind nur der leichten Ueberwindung der Schwerkraft gewidmet.

Mit dem Inslebentreten der hier niedergelegten Flugtheorie hört dieses Hemmniß des Transports nicht nur auf, sondern die Schwerkraft wird sogar zum Impulse eigenen Transportes. Welch eine Umgestaltung muß dies mit der fortschreitenden Ausbildung dieser Transport-Methode für den Völkerverkehr des ganzen Menschengeschlechts haben?

22. Wo künstlich erzeugte Transportkräfte, wie z. B. Dampfkraft, die Lasten zu treiben haben, sind die Transporte am theuersten, denn die nöthige Kohle muß erst durch Menschenhände, Pferde- und Maschinenkräfte gewonnen, zum Verbrauchsorte transportirt, hier in Hitze, Dampfspannung und mechanische Arbeit umgesetzt werden. Wo direkte Naturkräfte, fließendes Wasser und Windkraft den Transport unterstützen, wird die Fahrt billiger. Fließendes Wasser ist nicht überall, und Wind läßt oft die Segelschiffahrt im Stich, häufig bleiben Segelschiffe aus Mangel an Wind mitten auf der Fahrt tagelang liegen.

Im Hinblick auf die unzuverlässige Windkraft kann man von der, von mir bezeichneten Transport-Methode und der nachgewiesenen Gunst des Vertikal-Luftdrucks wie von einer neuerstandenen Natur-Transport-Kraft reden, die uns nie im Stiche lassen und daher die eminenteste Trägerin des Weltverkehrs sein wird, denn diese Kraft hat auch den Vorzug der Billigkeit.

23. Der Wind ist aber auch launisch in seiner Stärke. Heute weht er mit einer sekundlichen Geschwindigkeit von 2, in Kürze mit 10, und später von 20 Metern.

Der Vertikal-Luftdruck ist von steter Constanz, daher kann man streng mit dieser Kraft rechnen.

Darin liegt der zweite Grund der Lebensfähigkeit dynamischer Luftschiffahrt.

24. Der Wind ist drittens unzuverlässig in seiner Richtungslinie; er dreht sich oft plötzlich um oder springt zur Seite und macht dem Schiffer häufig Striche durch die Rechnung.

Der Vertikal-Luftdruck trägt unsern mechanischen Flugapparat mit gleicher Kraft nach **jeder Richtung.**

Diese Segelkraft des Vertikal-Luftdrucks wird nicht aufgehoben von all den Winden, die die Luftsäule in allen Richtungen durchqueren mögen. Winde setzen den Flugapparat nur in ein anderes Geschwindigkeits-Verhältniß zur Erdoberfläche, aber heben die constante Bewegung im Medium nicht auf.

Eisenbahn- und Dampfer-Linien, Wind- und Wasser-Linien haben ihre Grenzen und bestimmten Richtungen, der Vertikal-Segeldruck führt souveräne Bahnen.

25. Die Devise der Zeit heißt: „Zeit ist Geld!" Je schneller ein Transport beendet ist, um so früher kann ein neuer bewirkt und Zeit wie Geld gewonnen werden.

Alle Naturforschungen, logischen Folgerungen und theoretischen Berechnungen deuten zur Bestimmtheit darauf hin, daß der Vertikal-Luftdruck das schnellste Fahrzeug tragen wird.

26. Endlich lehrt die Forschung, daß die Flugfläche mit der Zunahme des Körpergewichts der Fluggeschöpfe **abnimmt**, sodaß, wenn man eine **Flugfläche verdoppelt**, man ohne Beeinträchtigung des Fluges die **Flug-Last** mehr als verdoppeln kann.

Dies eröffnet für den Transport von Lasten auf Flugflächen eine großartige Perspective, denn die **größesten** Lasten gestatten sonach die Anwendung der kleinsten Flugflächen.

27. Schließlich lehren Forschung und Experiment, daß zur Erhaltung einer Flughöhe vertikale **Arbeit** nicht Bedingung, sondern nur entsprechende Aufwendung von Vertikal-Steuer-**Kraft** nöthig ist.

Da die hier nachgewiesene Horizontalkraft-Componente

elastischer Spannkraft in steter Wirksamkeit ist so lange der Flugapparat in der Höhe erhalten wird, so ist die Aufwendung vertikaler Steuerkraft eine Verlängerung horizontaler Zugkraft, also eine Speisung der horizontal wirkenden Maschinerie. Ein einfacherer Umsatz vertikaler Steuerkraft in horizontale Fliehkraft ist nicht denkbar.

Welch eine Kraftvergeudung würde stattfinden müssen, wenn wir die Fluglast durch Vertikal-Arbeit von Schrauben in der Schwebe erhalten wollten und die in der Schwebe erhaltene Last durch eine zweite Maschine würden horizontal fortbewegen müssen?

Es können die besten Maschinen genialster Technik beim Transport die Schwerkraft bei Weitem nicht so leicht überwinden, als dies nach der hier aufgestellten natürlichen Flugtheorie der Fall sein wird.

Ein verlustloserer Umsatz von Schwerkraft in Schwebearbeit wird nach keiner anderen als der hier niedergelegten natürlichen Flugmethode möglich sein; denn die mechanische Flugmethode erzielt mit den denkbar einfachsten Mitteln die denkbar ergiebigsten Resultate im Transport von Lasten, weil sie annähernd die Schwerkraft aufhebt.

In der Segelkraft des Vertikal-Luftdruckes ruhen die glänzendsten Eigenschaften einer Transportkraft, Eigenschaften, die an Werth alle bisher bekannten Kräfte überstrahlen und in Schatten stellen; denn diese Kraft besitzt Schnelligkeit, Constanz, Billigkeit, Stetigkeit, Richtungs-Allseitigkeit, Schrankenlosigkeit und führt den erhabensten Weg durch Regionen, in denen man die elementaren Schrecken der Erdoberfläche nicht kennt denen selbst die stärksten Panzerschiffe nicht gewachsen sind; denn selbst Orkane haben für den Luftschiffer in der Höhe ihre Schrecknisse verloren, der segelnde Mensch fährt schnell, aber sanft mit dem Sturme davon und stößt nirgends an, oder hebt sich höher als der Sturm, in eine andere

Windströmung. — Welch eine Sicherheit für Weltumsegler! —

28. Die Hauptträger der Luftschiffahrt werden die Naturkräfte des Vertikal-Luftdrucks, der Schwerkraft und die elastischen Spannungen des schrägflächigen Flugmaterials sein, deren mechanisches Ineinandergreifen im Stande ist, auch natürliche, günstige Windkräfte zur Fahrt auszunutzen.
29. Die beste Hülfskraft zum Fluge für kleinere mechanische Flugapparate wird die menschliche Muskelkraft sein.
30. Die wissenschaftliche Berechnung Babinet's und neuerer Mathematiker, daß zum Schweben eines Menschen Pferdekräfte gehören, verkennt das natürliche Wesen des Fluges, es ist vielmehr jeder normale Mensch mit eigenen Kräften im Stande, in einem mechanischen Flugapparate zu fliegen.

Schlußwort.

Die Thatsache, daß während der Belagerung von Paris 1870/71 eine Anzahl Ballons aus dieser Feste heraus, aber kein einziger hinein dirigirt wurde, brachte mich auf den Weg des Nachdenkens über das Problem der Luftschiffahrt. Je mehr ich über den Gegenstand nachdachte, je mehr wurde mir das Luftschiff zum Luftschloß und ein bedeutender Realist dieses Jahrhunderts hat den Ausspruch gethan, daß Luftschlösser leichter gebaut als eingerissen sind. Ich dachte denn auch unentwegt darüber nach. Die zarteste Mücke und der fluggewaltige Weih, der plumpe Maikäfer und die schnatternde Wächterin des Capitols, der dreiste Spatz und der edle Schwan, kein Segler der Lüfte bewegte sich vor meinen Augen ohne meine Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, damit sie mir durch ihre Bewegungen verrathen möchten, wie sie es denn eigentlich machen, sich so leicht und spielend in freier Luft zu bewegen.

Der Umstand, daß ich im Jahre 1882 eine Abhandlung zu Gesicht bekam, in der behauptet wurde, hinter dem Räthsel des Fluges stecke die unsichtbare Thätigkeit der Elektrizität, legte mir die Feder in die Hand und ich schrieb eine in der Zeitschrift für Luftschiffahrt veröffentlichte Abhandlung über den Flug der Luftbewohner, welche mir anerkennende Zuschriften eintrug.

Im Jahre 1888 veröffentlichte ich eine erweiterte Idee über den Flug: „Der eigentliche Flugmotor der Vögel", weil mir so mannigfache Artikel zu Gesicht kamen, die den Irrthum verfochten, der natürliche Wind sei der Träger des Fluges und leiste die unerklärliche Arbeitskraft des Fluges.

Auch das vorliegende Werk ist entstanden, weil ich aus den Facharbeiten ersehe, daß die hergebrachten Irrthümer über die Flugmechanik sich weiter erhalten und gerade von Führern der Sache neu entdeckt und vertheidigt werden.

Ich schließe daraus, daß es doch ziemlich schwierig sein muß, den Kern der Frage heraus zu finden, selbst wenn darauf hingedeutet wird.

Mitte der 80er Jahre theilte ich der Redaction der Zeitschrift für Luftschiffahrt eines meiner Manuscripte mit, in welchem ich ausführte, daß der menschliche Flug ohne andere Kräfte als die menschlichen leicht ausführbar sei. Es wurde mir mitgetheilt, daß Herr Ingenieur O. Lilienthal (jetziges Mitglied des Redactions-Ausschusses des genannten Vereins) seit Jahrzehnten die mannigfachsten Experimente anstelle, und nach seinen Vorträgen im Verein zu keinem Erfolge gelangen könne, so leicht, wie ich meine, würde die Sache doch wohl nicht sein. Ich war daher gespannt, das Werk jenes auf die Anschauung maßgebender Kreise bestimmend wirkenden Autors: „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst" zu lesen.

Ich muß gestehen, daß ich das Werk mit wirklicher Freude gelesen habe und man muß der Fülle der angestellten Experimente und Messungen alle Ehre zollen, aber das Facit hat mich nicht befriedigt; denn Lilienthal hat nach eigenem Geständniß am Schlusse seiner 23jährigen Forschungen keine

solche Unterlage für die Fliegekunst geschaffen, auf der er selbst oder andere weiter bauen könnten; er hat kein einziges Experiment mit einer wirklich *freien* Fläche gemacht! Seine hohlen und ebenen Versuchsflächen waren an Rotations- und anderen Apparaten, seine Drachen an Schnuren und sein Flügelapparat an einer Leine befestigt, während seine größere hohle Flugfläche, die er auf der Erde stehend gegen den Wind stemmte, ihn nicht von der Scholle frei gemacht hat. Er ist sich denn auch über die Wirkungsweise des Luftdrucks auf freie Flächen gar nicht klar, und bricht bei ganz alltäglichen, völlig natürlichen Luftdruck-Erscheinungen in Bewunderung aus, legt unwesentlichen Dingen Wichtigkeit, dem Hohlsein einer Flugfläche eine Flugkraft, *schwach*aufsteigendem Winde die Ursachen des Schweberäthsels bei, und hat andererseits kein Auge für das *Wesentliche* in der Flugmechanik. Interessant bleibt, wie Herr von Schweiger hervorhebt, sein Werk deshalb doch, denn es zeigt, wie wir es *nicht* machen müssen, wenn wir das Flugproblem lösen wollen.

Diese Bemerkung richtet sich, wie ich hervorheben will, nicht gegen die Person O. Lilienthal's, sondern gegen die von ihm vertretene Theorie.

Ueber das, was von Schweiger-Lerchenfeld statt Kraftmoment Geschicklichkeit nennt, möchte ich noch Folgendes anführen.

Nach Schluß der vorher niedergelegten Gedanken und Erklärungen hat sich infolge meiner kleineren Veröffentlichungen „Der eigentliche Flugmotor der Vögel“ in der Zeitschrift für Luftschiffahrt, Jahrgang 1888, H. W. Kühl-Berlin, und „Das mechanische Princip des Fluges“ Heft 19, Stein der Weisen, Hartleben-Wien 1891, ein lebhafter Ideen-Austausch mit verschiedenen Beobachtern und Gelehrten entwickelt, der mir eine willkommene Veranlassung giebt, mich über die Hülfskräfte des Balancirens noch an dieser Stelle aussprechen zu können.

So schreibt mir ein Gelehrter aus dem Süden Deutschlands, ich hätte über die Möglichkeit des Schwebefluges zu viel Günstiges gesagt, und der Helgoländer Forscher Gätke sowohl wie der nordische gute Naturbeobachter T. F. J. Meyer

meinen, ich hätte dreist viel mehr sagen können, denn ein Segelvogel könne sich ohne jede Arbeit in der Luft in gleicher Höhe erhalten, ja sogar sich heben.

Hierzu möchte ich bemerken, daß, wenn ein Vogel ohne Flügelbewegung auf einem Punkte der Luft wie schwimmend feststeht, und es den Anschein hat, als ob er regungslos still stände, so ist dies „Halten von Höhe“ doch nur einem lebenden Vogel, der durch Balancierkräfte nachhelfen kann, möglich, ein todter Vogel würde langsam sinken und sonach nicht Höhe halten können, wie ich dies schon anderweit hervorhob. Dieses Balanciren und Nachhelfen durch Steuerkraft erinnert mich an einige Wettkämpfe im Schwimmholz-Balanciren, die ich mit dem **hochseligen Kaiser Friedrich III.**, als er noch Kronprinz war, auszukämpfen die besondere Ehre und, trotz meiner Niederlagen, das Vergnügen hatte.*)

Weiter möchte ich noch einige historische Bemerkungen über

---

*) Im Jahre 1864 und 1865 gehörte ich als junger Soldat einem Militär-Institut in Potsdam an und badete als Frei- und Fahrten-Schwimmer auf der Militär-Schwimmanstalt, wo auch unser beliebter Kronprinz gern zu baden pflegte. Diese Belicbtheit konnte man, nebenbei bemerkt, daran sehen, daß, sobald der hohe Herr ins Wasser sprang, Alles von Soldaten um ihn herum wimmelte und sich nach dem Schwimmpfahl begab, auf dem sich der Prinz gern mit den Soldaten herumtummelte. Dieser Schwimmkörper bestand aus einem 10—12 Fuß langen Rundholz von ziemlicher Glätte, auf dem man sich nur sehr schwer halten konnte wenn er von Anderen bewent wurde. Die Kunst des Kampfes bestand nun darin, durch geeignete selbst verursachte Bewegungen des Holzes seinen Gegner herunter zu bringen, der in der Regel darauf im Reitsitze saß.

Unser Kronprinz pflegte gern ein's der beiden Enden des Holzes zu besetzen und wartete nun ab, bis das ganze Holz so dicht (wie gepökelte Heringe) besetzt war und die auf dem Stamm reitenden Kampfgenossen so weit mit dem Stamme gesunken waren, daß ihnen das Wasser am Munde stand. Diesen Augenblick benutzte der Prinz, er ergriff das Stammende mit beiden Händen, stellte sich zwischen die Hände und richtete sich so schnell und kräftig auf, daß das Holz mit der ganzen Last von der Bildfläche verschwand, und nach einigen Augenblicken die Versunkenen wieder pustend und mit Armen und Beinen balancirend und rechts wie links herunterschlagend an's Tageslicht kamen, um wieder von neuem auf den Stamm zu klettern und sich so wiederholt heruntermanövriren zu lassen.

Auf diesem Wasserstamme war der fürstliche Schwimmer thatsächlich Meister, und man sah ihm deutlich die Freude an, mit der er sich diesem Tummeln hingab. Er pflegte wohl öfter mal wenig hörbar zu lachen, doch sprach er selten dabei ein Wort.

Ich hatte nun mehrere Male Gelegenheit, mich allein mit dem stattlichen

die hier aufgestellte Theorie und deren Schicksale machen. Da mehrfach behauptet worden ist, daß zur Auffindung der Spannkraft im schwebenden Vogelflügel und somit zur Auf-

---

Recken zu messen, weil ich eine Zeit zum Baden gewählt hatte, in der die übrigen Militärs nicht zugegen waren; ein jeder von den Kämpfenden ergriff nun Besitz von einem Stammende und dann ging das Ringen los, wobei sich herausstellte, daß ich wohl nicht schlecht beschlagen, aber dem königlichen Herkules doch nicht gewachsen war. Trotzdem ich alle denk- und ausführbaren Kniffe und Finten anwandte, so wollte mir's doch nicht glücken, ihn von seinem Sitze herunterzubringen, während ich selbst öfter seitwärts hinunterschlug. Ich wunderte mich nicht wenig über meine Niederlagen, denn ich war einer unserer ersten Turner und Fechter und hatte beim Preisturnen von 140 gewandten Leuten den ersten Preis erhalten, wobei ich 62 Zoll hoch und 16 gemessene Fuß bis zur Schnur und von hier sicher noch $8^1/_2$ Fuß weit gesprungen war und somit gezeigt hatte, daß ich ziemliche Schenkelkräfte besaß und Allen über war. Auch im Bajonettfechten suchte ich eine Ehre darin, den Anderen über zu sein, entwickelte bei länger anhaltenden Gängen eine dauernde Armkraft, habe durch bloße kräftige Paraden und durch Kreisschleudern des Gegnergewehres häufig meinen Gegenpartner in den Sand geschleudert und habe den dritten Preis im Fechten errungen. Ich war auch thatsächlich hier den Meisten über. Im Jahre 1868 wurde ich dann zu meiner weiteren Ausbildung zur Central-Turnanstalt nach Berlin geschickt und nachdem der Cursus beendet war, wurde ein Prüfungsturnen sämmtlicher 170 Turner, welche bereits gut ausgebildet angekommen waren, abgehalten.

Die letzte Kraft- und Gewandheits-Probe bestand im sogenannten „Nehmen der Hindernißbahn". Die Bahn war ca. 120 Schritte lang und bestand, wie schon der Name sagt, aus Hindernissen schneller Passirung dieser Strecke. Dieser Hindernisse waren wohl ein Dutzend. Zuerst war ein Graben, dann eine Erdmauer, sodann ein breiter Graben mit ansteigender Böschung, dann eine Holzwand zu überwinden, dahinter stand ein 14 Fuß hohes Escaladier-Gerüst, wohinauf man entweder mittelst Klettertau, oder Stangen 2c. klettern und auf der andern Seite hinunterspringen mußte. Sodann kam wieder ein Bretterzaun, worüber man in einen tiefen Wallgraben zu springen oder zu klettern hatte, hieraus führte eine schräge Treppe, von welcher man wieder ein Banquet erreichte, um über Palisaden klimmen und noch einige 20 Schritte durchlaufen zu müssen.

Es galt nun, diese Hindernisse so schnell als möglich zu überwinden, und es wurden, soviel ich mich erinnere, einige 60 der besten Turner ausgewählt, um unter Controle eines Cronometers einzeln Kraft und Gewandtheit zu zeigen. So viel ich mich erinnere, war ein ziemlich kräftiger junger Mann der See der schlechteste Turner von den Ausgesuchten, denn er gebrauchte 5 volle Minuten, um alle Hindernisse zu überwinden, die guten Turner gebrauchten $2^1/_2$, 2 und $1^1/_2$ Minute, die besseren 1 und etwas weniger, und ich hatte nur 45 Sekunden, also $^3/_4$ Minute gebraucht, war also der Beste und auch hier Allen über.

Diese lange Erzählung habe ich nun etwa nicht deshalb gemacht, um dem nachsichtigen Leser einen Respect vor meinen körperlichen Leistungen beizubringen, sondern ich will nur nachweisen, daß ich bei all meiner Fixigkeit und Kraft, doch dem um Kopfeslänge höheren Prinzen nicht gewachsen, sondern daß mir dieser Turner in Fürstengestalt doch „über" war.

stellung meiner Spannungstheorie die Momentphotographie erforderlich gewesen wäre, so bemerke ich hier in rein historischem Interesse, daß dies nicht der Fall gewesen ist. Diese Spannungstheorie war bereits vor dem Erscheinen der vorzüglichen Anschütz'schen Momentbilder aufgestellt und ver-

---

Wie schwer dieser königliche Atlet übrigens ins Gewicht fiel, konnte man sehen, wenn er sich auf das Schwungbrett stellte. Während sich dieses starke Brett nur wenig aus seiner geraden Linie begab, wenn wir kleinen Leute — die wir abgebrochene Riesen genannt wurden — uns darauf stellten, bog es sich wie ein Fidelbogen krumm, sobald sich „Unser Fritz" daraufstellte.

Von seiner ungemeinen Beliebtheit zeugte z. B. auch der Umstand, daß eine Abtheilung Freischwimmer sich bereits unter frostigem Winde, beinahe zähneklappernd, anzog, weil sie zu lange in dem schon kühler werdenden Spätsommer-Wasser ausgehalten hatte, als plötzlich noch, wie vor Thoresschluß, unser Prinz kam. Der erste Soldat, der dem Thürwege am nächsten war, rief „Richt Euch!" und sofort richtete sich Alles meist im Adamskostüm mit Schwimmhosen militärisch auf, und nachdem das Honneur beendet war, hatte plötzlich kein Mensch mehr Frost, es flogen ohne Aufforderung Hosen, Stiefel, Hemden und Jacken vom Leibe und Alles sprang kopfüber sofort ins Wasser, um sich mit dem geliebten Königssohne zu tummeln.

Um aber wieder zum Balanciren auf dem Wasserstammholz zurückzukommen, so kam es dabei nur darauf an, sich senkrecht über der Längsmitte des Stammes zu halten; hierzu legte man beide Hände und Unterarme ins Wasser als balancirende Hülfskräfte, während man nun zusah, daß man den Baum zwischen den Oberschenkeln behielt. Brachte es der Gegner so weit, daß man nicht auf der Mitte bleiben konnte, dann hob sich der Baum nach der ausgewichenen Seite hoch und warf den Schwimmer ab.

Bei diesem Balanciren sah man dem einfach Balancirenden eigentlich keine große Arbeit an, er schien immer nur ein wenig zu rutschen und sich zu biegen, aber dennoch war jede Muskel, jeder Nerv angespannt in arbeitender Erwartung. Und so, wie hier der Balancirende in senkrechter Lage suchte seine Stellung zu behaupten, so sucht der auf einem Punkte der Höhe balancirende Vogel in horizontaler Lage in einer gleichen Höhe zu bleiben, und er absorbirt durch sein Balanciren dazu eigene Kräfte, und ohne diese Kräfte geht's halt nicht!

Als ich später „schon längst" die Feder statt des Schwerts zur Seit' hatte, las ich einmal in einer Berliner Zeitung, daß sich ein Einjähriger rühmte, den Kronprinzen einmal von dem Wasserbaume herunterbekommen zu haben. Wie man im gewöhnlichen Leben Anderen das nicht zuzutrauen pflegt, was man selber nicht fertig gebracht hat, so dachte auch ich: „Wenn der Sache nur nicht ein Druckfehler zu Grunde liegt!?" Entweder hat der Prinz einen solchen auf dem Wasserholze oder der Einjährige einen in der Zeitung gemacht.

Die Abschweifungen, die hier nicht zur Sache gehören, wolle der geneigte Leser schon wegen des Gedenkens an einen Fürsten verzeihen, der unserm Herzen nicht nur als Fürst, sondern auch als Mensch nahegestanden hat, und zu dem Baumbach später als kranken Kaiser die Worte spricht:

„Es muß Dir wohlthun, Herr, in Deiner Pein,
So überwältigend geliebt zu sein!"

öffentlicht. Diese Storchbilder waren für mich nichts Neues, wohl aber eine höchst willkommene Bestätigung meiner bereits ausgesprochenen Ansichten, denn nun erst konnte ich meine Beobachtung und das, was ich durch Nachdenken gefunden hatte, klar sichtbar nachweisen.

Auf Seite 207 und 208 der Zeitschrift zur Förderung der Luftschiffahrt von 1882 schrieb ich:

„Bei verschiedenen Vögeln, besonders aber beim Raben und Storch habe ich beobachtet, daß, wenn sie ruhig über mir schwebten oder hinwegflogen, ich zwischen den Schwungfedern der Flügel hindurchsehen konnte, daß also zwischen je zwei nebeneinanderliegenden Federn ein Zwischenraum war, welchen ich bei Vögeln, die auf den Füßen standen oder ihre Flügel nur reckten, nicht gefunden habe.

In gleicher Weise habe ich bei Gänsen beobachtet, wenn sie, wie diese Thiere es sehr gerne thun, sich schreiend mit schlagenden oder nur ausgestreckten Flügeln umhertummelten und kurze Strecken flogen, daß diese Luftintervalle zwischen den Schwungfedern nur dann entstand, wenn die Thiere den Flügelschlag wirklich kräftig führten, daß sich diese Intervalle dagegen wieder schloß, sobald der Vogel zum Flügelschlage ausholte.

Diese Eigenthümlichkeit der entstehenden Zwischenräume hat nun darin ihren Grund, daß sich die hinteren breiten Theile der Schwungfedern durch den Luftdruck nach oben biegen, hierdurch die besprochene schräge Fläche bilden und von unten aus schmaler erscheinen, ganz wie dies beim schlagenden Lineal und der zwischen Daumen und Zeigefinger gehaltenen Feder der Fall ist.

Beim *schwebenden* Flügel bilden sich daher Luftdreiecke, bei denen die Breite der *Schwungfeder* die *Hypothenuse*, die *Horizontale* die *große* Kathete, dagegen die *Vertikale* die *kleine* Kathete bildet. Um so energischer nun aber der Flügelschlag geführt wird, um so mehr bildet sich dieses kleine Luftdreieck zu Gunsten

der Vorwärtsbewegung des Vogels dergestalt um, daß sogar die Vertikale zur großen Kathete des Dreiecks wird."

Genau so zeigten es die erst 2 Jahre später (1884) erschienenen Momentbilder fliegender Störche von Anschütz, welche ich mit Freuden begrüßte, weil sie mir zur Erhärtung meiner kleinen Forschung dienten.

Die Anschütz'schen Leistungen sind über jedes Lob erhaben und dieser unermüdliche Mann verdiente die ausgedehnteste Unterstützung von allen Seiten.

Es ist historisch richtig, daß bei Aufstellung meiner Spannungstheorie das menschliche Denk- und Beobachtungs-Vermögen dem Lichte der Photographie vorausgeeilt ist und daß das Licht im vorliegenden Falle nur dem Gedanken sekundirt hat; das Vogelbild war bereits vor der Blitzphotographie vom menschlichen Auge erfaßt, in den verschiedensten Phasen geistig photographirt und so beschreibend gezeichnet und klargelegt, wie es später die Photographie sanctionirte. Daß ich der Zeichner hier war, mag völlig außer Betracht bleiben, ich will nur die historische Thatsache hier richtig stellen, daß das menschliche geistige Auge dem Lichte des Blitzbildes hier vorausgeeilt ist.

Die erste Spur der von mir gefundenen und nachgewiesenen „mechanischen" Schwebebewegung findet sich in derselben Abhandlung auf Seite 213 ausgesprochen:

„Die Vögel pflegen sehr haushälterisch mit ihren Kräften umzugehen und schweben gewöhnlich in flachen spiralförmigen Bahnen hernieder (einem senkrechten Herabfallen widersetzen sich schon die schrägen Federflächen), oder steigen in seichten Diagonalen zur Höhe rc."

Diese Parenthese ist der Ausgangspunkt der später nachgewiesenen „mechanischen" Schwebebewegung, von der ich überzeugt bin, daß nur mit ihrer Hülfe all die angekündigten Versuche und Lösungen von Maxim, Langley, Ader, Hureau, Trouve und Anderer Lebensfähigkeit erreichen werden. Es mögen ja ohne diese Bewegung einige Resultate erzielt werden, aber dauernde Erfolge keinesfalls, denn dazu ist die innige

Anlehnung an die natürliche Flugmechanik nöthig, während wir bei den Bewegungen auf der Erde und dem Wasser nicht nöthig haben, uns Thiervorbilder zu nehmen.

Bei Aufstellung meiner Flugtheorie ist mir das Wort Lessing's maßgebend gewesen:

„Ich bitte mir Alles natürlich aus!"

Ich hätte in der langen Zeit meiner Beschäftigung mit der Lösung dieser mechanischen Frage genug Zeit zu eingehenden mathematischen Rechnungen gehabt, aber es war mir, als ob mir eine instinktive Stimme sagte: „Das hast du bei Lösung der Flugfrage gar nicht nöthig, es kommt hier nicht darauf an, fortgesetzt mechanisch zu rechnen, sondern darauf, mit der Flugmechanik zu rechnen, wie sie in der Natur ist!" Und da es immer heißt: „Die Sicherheit des Wissens hängt, wie die Festigkeit eines Gebäudes, vom unteren Stockwerk ab!" so habe ich die zerstreut liegenden, mir brauchbar erschienenen Sandkörner gesammelt, gesichtet, und aus der Summe natürlicher Kleinigkeiten einen Stein zusammengefügt, der nach dem Urtheil Sachverständiger als Grundstein und unteres Stockwerk angesehen werden, worauf man mit Vertrauen das stattliche Gebäude der Zukunfts-Luftschiffahrt aufbauen und die langersehnte Epoche im Leben menschlichen Verkehrs an die lebende, jetzige Generation heranziehen kann.

Wenn ich selber den Wunsch habe, meine seit beinahe der Hälfte meines Lebens getragene Idee ins praktische Leben eingeführt zu sehen, so entspringt dieser Wunsch nur demselben, verzeihlichem Drange, aus dem der Komponist seine Oper oder der Dichter sein dramatisches Werk auf den Brettern sehen möchten. Wie jeder Künstler seine langgetragene Idee in Marmor, Erz oder auf der Leinwand festgehalten sehen möchte, wie der rastlose Entdecker und Forscher das Gefundene auch Anderen zugänglich und dem Allgemeinen dienstbar machen möchte, so möchte auch ich das Gefundene praktisch verwirklicht und die segensreichen Folgen meiner Idee im menschlichen Völkerverkehrsleben zu Tage treten sehen. Man sagt, je mehr sich Jemand mit einer Idee trägt, daran formt und bildet,

um so mehr geht ein Stück seines Lebens, seines Wesens, seines individuellen Seins auf dieses Werk über; je mehr wir uns mit einem Werke beschäftigen, um so mehr wird es uns ähnlicher, und solche Werke werden uns oft so lieb, wie unsere lieben Kinder. Kinder wollen aber erzogen, und endlich in's Leben eingeführt sein, und es ist ein schöner menschlicher Zug der Vaterliebe, die Erziehung und Einführung seiner Kinder in's Leben am liebsten selbst übernehmen zu wollen.

Wenn nun auch die Einführung meines Geisteskindes in's Leben nicht so schwierig sein und seine Ausstattung nicht so bedeutende Kosten verursachen wird, denn Plutarch sagt: „Das Leichteste ist das der Natur Angemessene!“ und das glaube ich eben gefunden zu haben, so ist doch die Ausbildung kostspielig und dazu ist nöthig, daß ich vor allen Dingen meine ganze Zeit mit Hingebung und Energie der Sache widme, und über diese kostbare Zeit habe ich eben nicht zu verfügen.

Ich komme mir daher vor, um mit einem anderen unglücklichen Deutschen zu reden, wie ein Bergmann, der in einem alten Schachte ein langgesuchtes Kleinod gefunden und in eine Tragbahre gelegt hat, in welcher es von 2 Männern zu Tage getragen und an's Licht gefördert werden kann. Seit 10 Jahren stehe ich nun schon und habe das eine Ende der Tragbahre hochgehoben und kann unter den 50 Millionen mit mir lebenden deutschen Brüdern keinen finden, der das andere Ende der Trage ergreift und den Schatz gemeinsam mit mir emporträgt. Da zunächst der Staat noch nicht in der Lage ist mit anfassen zu können, habe ich Viele herangerufen, um sich den Fund anzusehen, und da habe ich das Unglück, daß diejenigen, welche geistig stark genug waren, den Schatz zu erkennen, physisch zu schwach waren denselben mit mir heben zu können, und gerade diejenigen, welche hätten heben können und die starke, golddurchwirkte Tragbänder und Ueberkraft zum Tragen hatten, erkannten das Kleinod nicht und wandten mir kurz den Rücken. So sind die letzten 10 Jahre meines Lebens eine Kette unendlicher Enttäuschungen

und die ersten 10 Jahre des gefundenen „mechanischen Princips des Fluges“ ein langer Akt schmerzlicher Geburtswehen.

Daß es drei Rangstufen des Geistes giebt, wie Machiavel sagt, habe auch ich deutlich gesehen, als meine Idee unter dem Messer der Kritik stand. Zur ersten Stufe zählen Leute, die von sich aus begreifen, zur andern, wenn man es ihnen erklärt, und die der dritten begreifen weder von sich aus, noch mit Hülfe Anderer. Ist es nicht ein wahrhaftes Verhängniß für eine gute Idee, wenn Leute der letzten Classe zu Richtern über Ideen aufgerufen werden, denen sie nicht gewachsen sind? wie dies die technische Commission Napoleons I. bewiesen hat, die er zur Prüfung des Fulton'schen Dampfschiffprojectes eingesetzt und die das Urtheil abgegeben hatte, die Idee sei „visionair und unpracticabel“?

Und welche Praxis hat diese verkannte Idee heute erreicht? Es ist ein wahrhaft tragisches Geschick, daß eben das Neue und unbedingt Wahre am Meisten dem Mißverständniß, dem Widerspruch, der Anfeindung ausgesetzt ist. Während die Lüge in der Welt fast überall mit offenen Armen empfangen wird, bedarf die Wahrheit stets des heißesten, beharrlichsten Kampfes, um sich Anerkennung und Berechtigung zu erringen. Gefaßte Vorurtheile aber sind Hügel, zu denen das klare Wasser verständiger Prüfung nicht hinaufläuft.

Wenn Pestalozzi sagt: „Das Wichtigste im Wissen sind die Elementarsätze!“ so sind vor allen Dingen die Kenntnisse dieser Elementarsätze bei einem Richter zu fordern; und wenn Schiller hervorhebt: „Das Schöne thut seine Wirkung schon bei der bloßen Betrachtung, das Wahre will Studium!“ so ist dieses Studium beim Richter am nothwendigsten. Ein Ingenieur führte mich in eine Werkstatt, in der eine Anzahl Feuerarbeiter mit Anfertigung von Ringen beschäftigt war. Jeder Arbeiter machte gleiche Ringe. Ich sah dem ersten Arbeiter eine Weile zu. Alsbald schritten wir wieder hinaus, wobei der Ingenieur bemerkte, daß der Arbeiter, den ich soeben gesehen habe, unter all den vielen Arbeitern der beste sei, den er habe. Ich wunderte mich darüber, denn mir war er nicht

besonders aufgefallen, im Gegentheil, ich fand, daß er ganz natürlich handtirte und ich hatte das Gefühl, daß ich es ebenso gemacht haben würde, wenn ich Feuerarbeiter gewesen wäre. Nach kurzem Aufenthalt in anderen Werkstätten betraten wir die Werkstatt der Feuerarbeiter nochmals, aber diesmal von der anderen Seite des Gebäudes, sodaß ich nun Gelegenheit hatte, die übrigen Ringarbeiter in ihrer Arbeit zu sehen. Wie erstaunte ich aber, als ich gewahrte, daß der eine Arbeiter den Ring 2, der andere 3 mal ins Feuer legen mußte, ehe sie denselben soweit brachten, wie der erste Arbeiter mit einer einzigen Gluth, sodaß der erste Arbeiter den Ring in der Hälfte der Zeit zur Rundung und Fertigstellung brachte als die übrigen. Und nun, nachdem ich die übrigen Arbeiter gesehen hatte, war ich im Stande, den Unterschied der Arbeiten zu erkennen. So wird auch nur der Leser ein sicheres Urtheil über vorliegendes Werk fällen können, welcher auch die Theorien und Arbeiten Anderer kennen gelernt hat.

Mancher meiner Aussprüche mag ja unwahrscheinlich klingen, aber in der Mechanik herrschen dieselben unwandelbaren einfachen Gesetze wie überall in der Natur, und die einfachsten Erklärungen sind auch hier die besten. So behaupte ich, daß der bereits durch seine mechanische Schwebebewegung gleitende Vogel sich ebenso leicht durch eine winzige Kraft heben läßt, wie eine Last unter folgenden Bedingungen. Hängt man an den linken Schenkel einer Balkenwaage 100, an den rechten nur 99 kg, so wird der linke Schenkel nicht so hoch gehoben, daß er eine horizontale Linie, sondern einen geneigten Winkel zur Horizontalen bildet. Mit einem einzigen kg, das man an den rechten Schenkel hängt, ist man nun im Stande, den ganzen Doppelzentner bis in die horizontale Lage des linken Schenkels räumlich höher zu heben; denn eigentlich waren ja 99 von jenen 100 kg bereits ins Gleichgewicht gesetzt und gehörten streng genommen schon in horizontale, also höhere Lage. Genau so verhält es sich beim schwebenden Vogel, auch er hat nur etwa den hundertsten Theil seines Gewichts zu heben nöthig, da 99 Theile bereits ins Gleichgewicht gesetzt sind.

Du Prel hat ganz Recht, wenn er behauptet: „wir sind

immer sehr geneigt, von Erscheinungen, die wir uns nicht erklären können, zu behaupten, daß sie, weil den Naturgesetzen widersprechend, unmöglich seien. Mit der Zeit aber stellt sich immer heraus, daß solche Erscheinungen nur den uns bekannten Gesetzen widersprechen, aber einem vorher unbekannten Gesetze entsprechen, das jene aufhebt, wie die Anziehungskraft des Magneten das Gesetz der Schwere aufhebt.

Gegen neue Erscheinungen verhalten wir uns in dem Maße ablehnend, als wir ihnen gegenüber intellectuell hülflos sind. Wir glauben immer, die Dinge hätten sich nach unserm Verstande zu richten, nicht der Verstand nach den Erscheinungen. Wer seinen geistigen Genuß darin findet, Thatsachen kennen zu lernen, denen sich sein Verstand anbequemen muß, ist ein Philosoph. Enthielte die Natur nur Thatsachen für Gelehrte, aber nicht für Philosophen, so wäre kein weiterer Fortschritt möglich. Aber glücklicherweise wartet die Natur in ihren Erscheinungen nicht ab, bis die Gelehrten eine Meinung darüber haben; sie zwingt uns den Fortschritt ab durch ihre Ueberraschungen. Jeder Forscher sollte daher einsehen, daß das Neue, Unbegreifliche sein allerbester Freund ist. Es giebt aber Gelehrte, die das Unbegreifliche vornehm ablehnen, auch wenn es mit Fingern gezeigt werden kann; sie gleichen jenen Menschen, von denen Göthe sagt, daß sie auf der Straße ihre besten Freunde umrennen.

Leverrier berechnete den Standort und die Masse eines Planeten, den noch kein Menschenauge gesehen hatte. Wie kam er dazu? Er beobachtete in der Bewegung des Uranus Unregelmäßigkeiten, die nach den Kepler'schen Gesetzen über Planeten-Bewegungen nicht hätten sein sollen. Statt nun die Unbegreiflichkeit zu ignoriren, machte er sie erst recht zu seinem Studium, und fand so mit dem Verstande, nicht mit den Augen, den Planeten Neptun, der diese Unregelmäßigkeiten hervorrief. Aus diesem Beispiel sollen wir lernen, daß gerade das Unbegreifliche vorzugsweise untersucht werden muß. Solche Erscheinungen, die nach unseren derzeitigen Kenntnissen nicht sein sollten, muß es aber geben, so lange der Fortschritt nicht vollendet ist; je unmöglicher sie uns erscheinen, desto geeigneter

sind sie, uns in der Erkenntniß des Welträthsels wieder ein Stück vorwärts zu bringen.

Gleichwohl finden gerade die Unbegreiflichkeiten der Natur immer den längsten und heftigsten Widerstand. Dies ist die Hauptursache für den schleppenden Gang des Fortschritts von jeher gewesen. Die größten Entdeckungen wurden immer vorbereitet durch Anerkennung solcher Thatsachen, die den bestehenden Meinungen ganz zuwider liefen."

Es ist mir bei Aufstellung meiner Flugtheorie so vorgekommen, als ob ich die bisher bestandene Theorie als einen schweren Stein zu betrachten habe, der erst infolge seiner Trägheit durch eine stärkere Schwerkraft aus seiner Lage verdrängt werden muß, diese stärkere Kraft ist „allgemeine, natürliche Flugauffassung." Es ist mir der Vorwurf gemacht worden, meine Spannungstheorie stände nicht im Einklang mit den herrschenden Anschauungen über die Gesetze, die der Flugmechanik zu Grunde liegen. Nun, an den Gesetzen der Natur liegt das nicht, wohl aber an den Anschauungen der Skeptiker, Licht bleibt doch Licht, wenn es auch ein Blinder nicht sieht! und ein Weizenkorn bleibt ein Weizenkorn, selbst wenn es eine blinde Henne fand! Auf je mehr Widerstand ich bei gewissen Herren stoße, um so klarer wird mir's, daß ich auf dem richtigen Wege zum Ziele bin; Natur und Photographie stehen auf meiner Seite.

Vorurtheile sind nicht zu verwechseln mit Wissen! Wer heute noch behaupten wollte, daß Pferdekräfte dazu gehörten, um den Flug eines Menschen zu bewirken, hat die Frage theoretisch falsch überrechnet, wie v. Parseval, der zum Horizontalfluge 5,3, aber zum Ansteigen sogar 8 Pferdekräfte für den Flug eines Menschen anspannen zu müssen berechnet hat. Schwerwiegend für den Fortschritt in negativem Sinne sind aber Männer in maßgebenden Stellungen, die von Vorurtheilen geleitet werden und den Fortschritt nicht aufkommen lassen!

Der Fortschritt auf dem Gebiete der Flugfrage würde ein anderer sein, wenn eine praktische Bethätigung von Seiten einzelner, mit irdischen Mitteln überreich Gesegneter, eingetreten

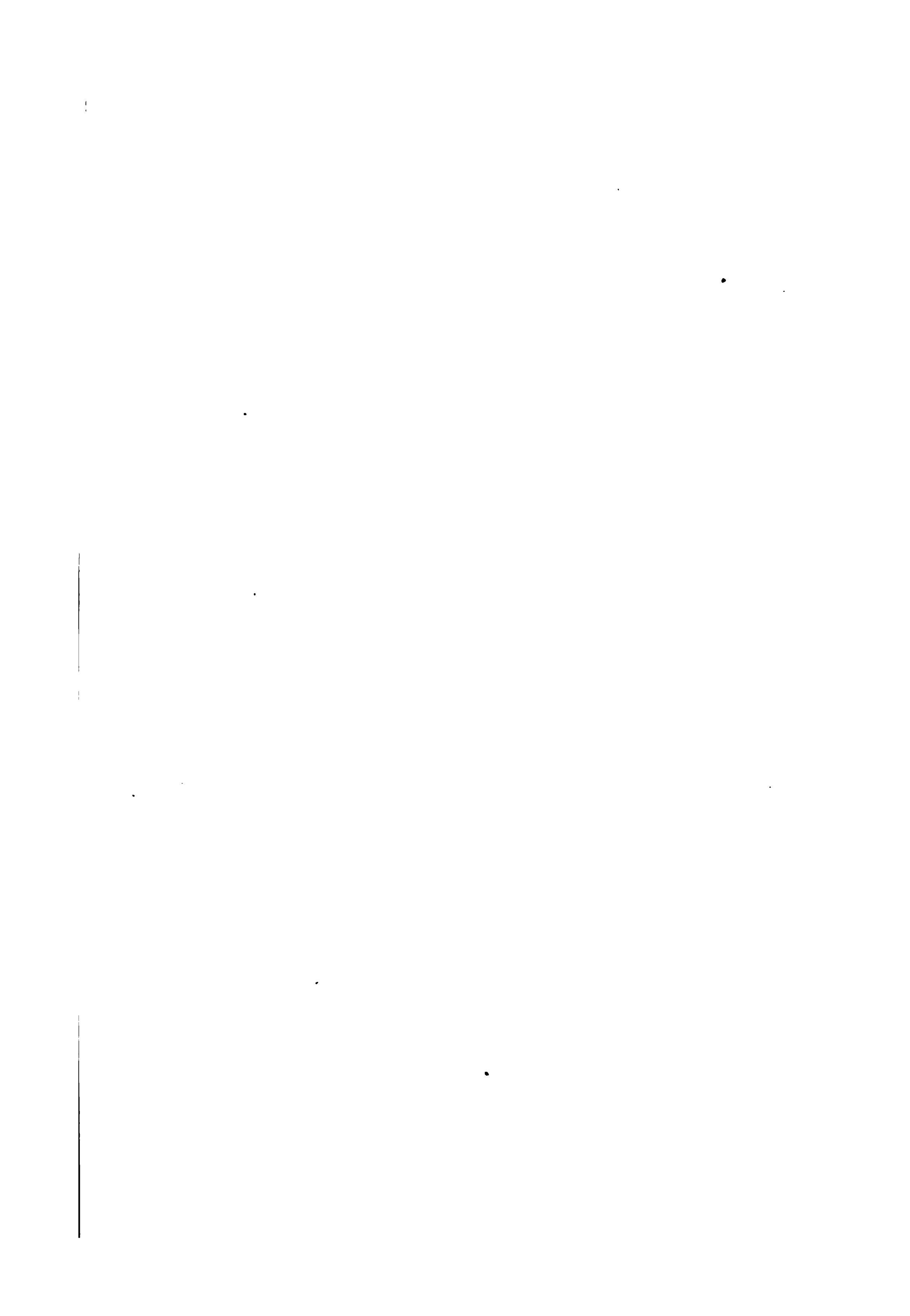
wäre oder wenn die Gesammtheit durch geringe Bethätigung eingriffe.

Die Gartenlaube forderte schon 1863 zur Bildung einer deutschen äronautischen Versuchsstation auf.

Wir geben Summen aus, um Licht in die Welträume zu bringen, die unserm praktischen Leben so fern liegen, die Linse der Lic-Sternwarte kostet allein eine halbe Million Dollar, wir rüsten Expeditionen zur Erforschung dunkler Erdtheile mit vielen Millionen aus und wir thun nichts für die Erschließung des Luftweges, der doch unsern praktischen Zielen viel näher liegt. Den Erfindern auf diesem Gebiete der Luftschiffahrt wird gesagt: „Kommen Sie vor mein Fenster geflogen, dann will ich Sie unterstützen!“ Nun, das ist kein Kunststück, unterstützen zu wollen, wo keine Unterstützung mehr nöthig ist; wenn der Erfinder vor das Fenster fliegen kann, dann hat er ja alle Schwierigkeiten überwunden und braucht keinerlei Unterstützung mehr. Die Hülfe, die erlösend wirken soll, muß so kommen, daß sie das Problem lösen hilft, nicht post festum. Männer, die aus dem gelösten Problem durch Kapital-Betheiligung etwas herausschlagen wollen, finden sich mehr als nöthig sind. Solche Männer sind nicht die, welche hier gesucht werden, sondern Männer wie etwa der Besitzer des ‚New-Yorker Herald‘, der auf eigene Kosten Afrika-Expeditionen ausrüstet und Stoff für seine Zeitung und den Wissensdrang liefert, Männer, wie die Riebeck’s, die mit ihrem großen Vermögen Großes für unsere Museen thaten. Gerade unserer Sache fehlt ein einziger solcher Mann. Wir haben auch Journale und Zeitungen, deren Abonnenten nach Hundert Tausenden zählen, wenn solche Redacteure und Besitzer nur den Abonnementspreis um 10 Pfennige erhöhten, was könnte da Großartiges in unserer Sache geleistet werden. Ein Einzelner ist hier zu schwach, um aus eigenen Mitteln Alles bestreiten zu können, was zu seiner und zur Sicherheit seiner Leute nöthig ist. Um ein Beispiel anzuführen, hebe ich hervor, daß ich kleinere Experimente gemacht habe, die mich zur Vornahme größerer Versuche ermuthigten. Da ich aber nur ein

einziges Genick habe und dieses nicht mir allein, sondern auch meiner Familie gehört, so wollte ich mich in eine Unfall-Versicherung einkaufen, aber die Gesellschaft wies mich direkt zurück. So habe ich in jeder Beziehung mit den denkbar schwierigsten Hindernissen zu kämpfen.

Die Zeit wird es lehren, daß das mechanisch schwebende Luftschiff kein Luftschloß ist, sondern daß es ein Verkehrsmittel souveränster Art sein und daß es in Zukunft heißen wird: „wer die Luft hat, hat die Welt!"



einziges Genick habe und dieses nicht mir allein, sondern auch meiner Familie gehört, so wollte ich mich in eine Unfall-Versicherung einkaufen, aber die Gesellschaft wies mich direkt zurück. So habe ich in jeder Beziehung mit den denkbar schwierigsten Hindernissen zu kämpfen.

Die Zeit wird es lehren, daß das mechanisch schwebende Luftschiff kein Luftschloß ist, sondern daß es ein Verkehrsmittel souveränster Art sein und daß es in Zukunft heißen wird: „wer die Luft hat, hat die Welt!"



